



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
Faculdade de Engenharia Mecânica

**LUÍSA MOREIRA FILOGÔNIO**

**Hábitos de consumo doméstico e os impactos  
ambientais: investigação por meio de uma  
análise ambientalmente estendida da Matriz  
Insumo Produto**

CAMPINAS  
2024

LUÍSA MOREIRA FILOGÔNIO

# **Hábitos de consumo doméstico e os impactos ambientais: investigação por meio de uma análise ambientalmente estendida da Matriz Insumo Produto**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Orientadora: Prof. Dra. Sônia Regina da Cal Seixas

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA LUÍSA MOREIRA FILOGÔNIO, E ORIENTADA PELA PROF. DRA. SÔNIA REGINA DA CAL SEIXAS.

CAMPINAS  
2024

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Rose Meire da Silva - CRB

F487h Filogônio, Luísa Moreira, 1992-  
Hábitos de consumo doméstico e os impactos ambientais: : investigação por meio de uma análise ambientalmente estendida da matriz insumo produto / Luísa Moreira Filogônio. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador(es): Sônia Regina da Cal Seixas.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Mudanças climáticas. 2. pegada de carbono. 3. Hábitos de consumo. 4. Mitigação de gases do efeito estufa. 5. Análise insumo-produto ambientalmente estendida. I. Seixas, Sônia Regina da Cal, 1956-. II. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Informações complementares

**Título em outro idioma:** Household consumption patterns and environmental impacts : an investigation by using the environmentally extended input-output analysis

**Palavras-chave em inglês:**

Climate change

carbon footprint

Consumption patterns

Reduction of greenhouse gas emissions

Environmentally Input-Output analysis

**Área de concentração:** Planejamento de Sistemas Energéticos

**Titulação:** Mestra em Planejamento de Sistemas Energéticos

**Banca examinadora:**

Sônia Regina da Cal Seixas [Orientador]

Carlos Eduardo Keutenedjian Mady

Mauro Donizeti Berni

**Data de defesa:** 19-12-2024

**Programa de Pós-Graduação:** Planejamento de Sistemas Energéticos

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0009-0003-7006-3998>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/5757275828672678>

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO**

**Hábitos de consumo doméstico e os impactos  
ambientais: investigação por meio de uma  
análise ambientalmente estendida da Matriz  
Insumo Produto**

Autor: Luísa Moreira Filogônio

Orientador: Profa. Dra. Sônia Regina da Cal Seixas

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou a Dissertação:

**Profa. Dra. Sônia Regina da Cal Seixas, Presidente**  
**Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético - NIPE/UNICAMP**

**Prof. Dr. Carlos Eduardo Keutenedjian Mady**  
**Instituto de Energia e Ambiente - IEE / USP**

**Prof. Dr. Mauro Donizeti Berni**  
**Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético - NIPE/UNICAMP**

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 19 de dezembro de 2024.

*“Fomos nos alienando desse organismo de que somos parte, a Terra, e passamos a pensar que ele é uma coisa e nós, outra: A Terra e a humanidade. Eu não percebo onde tem alguma coisa que não seja natureza. Tudo é natureza. O cosmos é natureza. Tudo em que eu consigo pensar é natureza.”*

*Ideias para adiar o fim do mundo – Ailton Krenak*

## **Agradecimento**

Aos meus pais, aos meus amigos e ao meu companheiro, que sempre me apoiaram e motivaram a concluir esse estudo, principalmente nos momentos em que me faltava energia e à minha orientadora, que me mostrou a abrangência de estudos que envolvem energia, sociedade e meio ambiente.

## Resumo

As mudanças climáticas e os impactos ambientais têm forçado à reflexão mundial do que deve ser feito para reverter, ou pelo menos reduzir, as consequências do aquecimento global. Em dezembro de 2015, durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 21) foi firmado o Acordo de Paris com o compromisso de reduzir a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Manter o aumento da temperatura global abaixo dos 2 °C foi a principal meta estabelecida no evento. Para que os países cumpram com a responsabilidade assumida, são necessárias políticas e medidas que fomentem o desenvolvimento sustentável em diversas esferas de atuação. O sucesso depende do empenho de todos, ou seja, empresas, governantes, população geral e órgãos de fomento a ciência e a educação devem estar engajados. Nesse contexto, discussões e estudos sobre a responsabilidade dos hábitos de consumo e a pegada de carbono individual nas mudanças climáticas são tópicos com grande potencial. Práticas como, por exemplo, o uso de veículos a combustão particulares para o deslocamento cotidiano, o hábito de consumo energético residencial, a ingestão de carnes e derivados ou a realização de constantes voos intercontinentais impactam na emissão de GEE e contribuem para o aquecimento global. Esse trabalho buscou, portanto, a partir da metodologia de análise ambientalmente estendida da Matriz Insumo-Produto (MIP) e uma interpretação do consumo das famílias por setor, entender qual a influência de determinados setores econômicos e padrões de consumo dentro do contexto das mudanças climáticas. A ideia foi identificar pontos de atenção de mudança de hábito de consumo, ou seja, categorias com maior intensidade de emissões de GEE, elucidando possíveis políticas públicas ambientais para garantir a manutenção do aumento da temperatura média global abaixo dos 2 °C. A proposta, portanto, foi entender a crise climática através da interpretação dos dados dos últimos relatórios do IPCC e do Observatório do Clima. Com isso, levantou-se os setores brasileiros com maior responsabilidade nas emissões de gases de efeito estufa e a relação dessas emissões por real gasto da economia por meio da MIP. Assim, com o cálculo dos coeficientes de emissão, entende-se quais setores têm maior influência nos impactos ambientais por unidade monetária e avalia-se aquele que poderia ser mais influenciado com mudanças de atitudes individuais, tendo como base o percentual do gasto das famílias frente à demanda total desse setor. Os resultados mostraram que “Alimentação – carne e laticínios”, apesar de não ter o maior valor de intensidade de emissão, é o setor com a principal oportunidade de ganho ambiental por apresentar alta intensidade de emissões por unidade monetária e ter um dos maiores percentuais

de participação do consumo das famílias na demanda total. Ou seja, dentro das possíveis ações individuais para mitigar as mudanças climáticas, mudar a forma como nos alimentamos seria a principal delas. Nesse ponto, foi importante adicionar à discussão as complexas camadas da estrutura econômica e social do país, para não cometer a injustiça de atribuir aos indivíduos comuns uma responsabilidade de empresários das agroindústrias e do governo.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas, pegada de carbono, hábitos de consumo, mitigação de gases do efeito estufa, análise de insumo-produto.

## Abstract

Climate change and environmental impacts have forced the world to reflect on what needs to be done to reverse the course of the global warming. On 12 December 2015, during the 21<sup>st</sup> UN Climate Change Conference (COP 21), the Paris Agreement was adopted by 195 countries, with the goal to reduce the greenhouse gas emission (GHG). Hold the increase in the global average temperature to below 2 °C was the main agreement of the event. So all the countries can reach the goals of the Paris Agreement, actions and policies to address the sustainable development in different fields are needed. To achieve the goals set, all the areas of interest must commit to it, that means, companies, politicians, science and education promotion agencies and the population effectively engaged. Considering this scenario, there is a great potential on discussion and studies on how the household consumption patterns and the carbon footprint affect the climate change. Domestic habits such as the use of private combustion car engines for daily journeys, residential energy consumption, the ingestion of meat and meat products, or frequent intercontinental flights impact GHG emissions and contribute to global warming. This work therefore has sought to understand the influence of specific economic sectors and consumption patterns into the climate change context by using the environmentally extended input-output analysis and the household consumption by sectors. The idea was to identify important consumption habits changes, that is sectors with greater intensity of GHG emissions which could give light to possible public environmental policies to maintain the global temperature increase below 2°C. Hence, the initial proposal was to understand the global and, more specific, the Brazilian climate crisis through the interpretation of the data from the latest IPCC and *Observatório do Clima* reports. After that, the Brazilian sectors with the greatest rates of GHG emissions were mapped, together with the emissions per real expenditure using the input-output methodology. By calculating the emissions coefficient, it was possible to understand which sectors have the greatest influence on environmental impacts and the ones that could be most influenced by individual consumption changes, after an evaluation of the family consumption percentage in comparison to the total demand of the sector. The results showed the “Food – meat, meat products and dairy” category as the main one to change environmental impact, because of its greater emissions intensity per monetary unit and the highest percentage of household consumption comparing to the total demand. In other words, within the possible individual actions to avoid climate change, changing the way people eat would be the one with the biggest potential. At this point of the discussion, it was important to

add the complexity of the Brazilian social economic structure, not to be injustice and direct the accountability of agro-industries entrepreneurs and government to the ordinary individuals.

**Key words:** Climate change, carbon footprint, consumption patterns, reduction of greenhouse gas emissions, Input-Output analysis.

## Lista de ilustrações

Figura 1: Estrutura explicativa do funcionamento do IPCC.....	24
Figura 2: Mudança na temperatura superficial global em relação a 1850-1900 .....	25
Figura 3: Evolução das emissões de GEE no mundo e em alguns países (em bilhões de toneladas de CO <sub>2</sub> eq) .....	27
Figura 4: Mapa das emissões mundiais de GEE, 2021 .....	28
Figura 5: Percentual bruto de emissões por setor CO <sub>2</sub> eq GWP-AR6.....	29
Figura 6: Exemplo esquemático de uma MIP e balanço de emissões para cálculo dos vetores de intensidade de emissão.....	42
Figura 7: Coeficientes de impacto direto em CO <sub>2</sub> e (t)/1.000.000R\$.....	51
Figura 8: Comparação dos coeficientes de impacto que considera efeitos diretos e indiretos com aqueles de apenas efeito direto em CO <sub>2</sub> e (t)/1.000.000R\$ .....	52
Figura 9: Consumo médio total de carne em kg por ano, em destaque consumo do Brasil 2021 .....	56
Figura 10: Emissão de GEE do ciclo de vida de 22 alimentos e dietas distintas por kcal .....	57
Figura 11: Emissões da população dividido por grupos de renda .....	63

## Lista de tabelas

Tabela 1: Valor absoluto de emissões brasileiras de GEE, 2022 .....	30
Tabela 2: Exemplificação de uma MIP de dois setores.....	38
Tabela 3: Matriz Insumo-Produto fictícia para análise das relações econômicas existentes entre os setores .....	39
Tabela 4: Nova proposta de classificação setorial para combinar os setores econômicos da MIP e os setores de emissão dos dados do SEEG. ....	44
Tabela 5: Emissões de gases de efeito estufa da classificação proposta no trabalho para os diferentes níveis do SEEG, 2022.....	48
Tabela 6: Resumo da demanda final e demanda total da Matriz de Insumo-Produto do IBGE, 2015, segundo classificação elaborada para este trabalho.....	49
Tabela 7: Coeficientes de impacto direto em tonelada de CO <sub>2</sub> eq por 1.000.000 R\$ .....	50
Tabela 8: Análise do percentual de participação do consumo das famílias na demanda total e o respectivo coeficiente de emissão direta e indireta .....	53
Tabela 9: Participação do consumo das famílias na demanda total de algumas categorias atreladas ao setores agropecuários no Brasil .....	58
Tabela 10: Simulação do cenário 1 em que o consumo de carnes e laticínios reduziria em 14,3% (um dia na semana). ....	59
Tabela 11: Produtos atrelados ao setor de "Alimentação - carne e laticínios" e seu respectivo percentual na participação do consumo das famílias.....	60

## Lista de abreviaturas e siglas

ACV	Análise de Ciclo de Vida
BEN	Balanco Energético Nacional
CBC	Carne Baixo Carbono
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COP	Conferência das Partes
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura ( <i>Food and Agriculture Organization</i> )
GCP	Global Carbon Project
GEE	Gases do efeito estufa
GWP	<i>Global Warming Potential</i> , Potencial de Aquecimento Global no português
HOPE	<i>Household Preferences for Reducing greenhouse gas Emissions</i>
ICSU	Conselho Internacional da União Científica
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LULUCF	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas
MIP	Matriz Insumo-Produto
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
ONU	Organização das Nações Unidas
PEMC	Política Estadual de Mudança Climática
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POF	Pesquisa de Orçamento Familiar
PROCEL	Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica
SCN	Sistema de Contas Nacional
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
TRU	Tabela de Recursos e Usos
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
WG	Working Group (Grupo de Trabalho)
WMO	World Meteorological Organization
WCC	Conferência Mundial do Clima

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
i.    Objetivos.....	19
ii.   Objetivos Específicos .....	19
iii.  Estrutura da dissertação .....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1.  Mudanças climáticas, emissões de gases de efeito estufa e políticas ambientais.	22
2.2.  Emissões mundiais e nacionais de GEE, hábitos de consumo e as principais atividades domésticas emissoras .....	26
2.3.  MIP e as avaliações ambientalmente estendidas .....	31
3. METODOLOGIA.....	37
3.1.  Fundamentos da análise MIP e sua extensão ambiental.....	37
3.2.  Correlação entre os valores de emissão de GEE e a MIP para obtenção dos coeficientes de emissão por setor .....	43
3.3.  Limitações da análise e ajustes necessários.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
4.1.  Indicadores ambientais de emissão.....	47
4.2.  Setores mais emissores de GEE e potenciais de redução atrelados ao consumo doméstico: uma discussão sobre nossa alimentação .....	54
4.3.  Análise socioeconômica dos resultados.....	62
5. CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS .....	66
APÊNDICE A – Setores da matriz de insumo produto brasileira de 2015 (nível 67) .....	70
APÊNDICE B – Resumo dos níveis de agrupamento definidos pelo SEEG para a estimativa de emissão de GEE.....	72
APÊNDICE C – Detalhamento da compatibilização dos dados do SEEG e da MIP nacional	73

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório Especial sobre os Impactos do Aquecimento Global de 1,5 °C do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2019), as consequências do aumento da temperatura de 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais acarretaria danos consideráveis e irreversíveis para a humanidade e para o planeta. Baseado na avaliação de mais de 6.000 trabalhos relacionados ao tema, estima-se em cerca de 1°C a atual mudança climática causada pela população mundial, atingindo os 1,5 °C provavelmente entre 2030 e 2052 (IPCC, 2019). Cada escala de grau que se acrescenta representa um maior risco para todos, variando de acordo com fatores como vulnerabilidade, nível de desenvolvimento, localização geográfica, taxa de aquecimento e medidas adotadas para mitigar os impactos. O relatório do IPCC AR6, publicado nos últimos anos, enfatiza que um aumento de 1,5 °C e 2 °C serão excedidos no século XXI caso não haja reduções severas na emissão de GEE nas próximas décadas. Além disso, ao se atingir níveis de mudança climática como esses, o entendimento e mapeamento dos riscos e impactos torna-se cada vez mais complexo, o que dificulta consideravelmente a estruturação de ações para o gerenciamento e mitigação. As consequências dessas mudanças já vêm sendo experimentadas nos dias de hoje através dos eventos climáticos extremos noticiados ao redor do mundo, como fortes ondas de calor, ciclones, precipitações severas, longos períodos de estiagem, entre outros.

Além de apresentar a situação atual e alarmar para necessidade de mudança, os diversos relatórios do IPCC reforçam a relação existente entre aquecimento global e a emissão de CO<sub>2</sub> antrópicas (IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE; WORKING GROUP I, 2021; SHUKLA et al., 2022). Ou seja, as ações humanas influenciam diretamente o meio ambiente e, para limitar o aumento da temperatura média da Terra observado nos últimos tempo, é necessário ao menos que a emissão de CO<sub>2</sub> líquida causada por essas ações antrópicas seja zerada. Isso significa que o processo de remoção de carbono da atmosfera através de reflorestamento ou tecnologias não convencionais, por exemplo, deve estar em equilíbrio com as emissões de GEE resultante da intervenção humana.

Diante do cenário de mudanças climáticas que já vem sendo estudado há alguns anos e os esforços realizados para sua reversão, foi assinado em 12 de dezembro de 2015 o Acordo de Paris, durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP21). A principal meta do Acordo estabelecido entre 197 países foi de:

Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e envidar esforços para limitar esse aumento de temperatura a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e os impactos da mudança do clima. (UNFCCC, 2015).

A partir do Acordo de Paris, os países signatários definiram a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, do inglês) para traçar metas e estratégias internas de compromisso que garantissem o cumprimento geral do objetivo do Acordo. A ideia é que esses compromissos voluntários e os avanços em relação as metas propostas sejam revistos de cinco em cinco anos, visando acompanhamento das evoluções dos acordos feitos. Na perspectiva atual apresentada pelo relatório do IPCC está nítida a necessidade do aumento dos esforços e a complexidade para o atingimento dessas metas, ou seja, no cenário atual estamos nos distanciando consideravelmente do atingimento dos acordos fechados em Paris. Sem mudanças de comportamento humano, sem redução das ações antrópicas que agridem o maio ambiente, não será possível evitar tragédias ambientais irreversíveis para a sociedade (SHUKLA et al., 2022).

Quando o assunto são as emissões de GEE, em âmbito nacional, segundo os dados do Global Carbon Project (GCP) de 2020, o Brasil figura na 12ª posição em emissão territorial de CO<sub>2</sub>. Juntamente com Índia e China, o país exerce um importante papel no futuro das mudanças climáticas dentro da realidade dos países emergentes, principalmente devido a sua capacidade de geração de energias renováveis e por deter em seu território a maior floresta tropical do mundo, a Floresta Amazônica, responsável pela captura de quase 2 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano (“Seca ameaça sequestro de carbono na Amazônia”, 2009).

Para entender melhor a realidade brasileira e buscar discutir as ações que devem ser elaboradas e outras que já vêm sendo feitas internamente para o cumprimento do Acordo de Paris é preciso elucidar como está dividido o valor de emissões de GEE por setor. Segundo os dados de 2020 disponíveis no Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), o setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) ocupava a primeira posição, responsável por 33% das emissões nacionais, seguido bem de perto pelo setor da Agropecuária, 32%, e de Energia, 24%.

De acordo com o 8º relatório do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG) realizado pelo Observatório do Clima, em 2019 o desmatamento da Amazônia foi o grande responsável pelo crescimento das emissões do setor do Uso de Terra nos últimos anos, colocando-o na primeira posição do ranking de participação dos setores no perfil de emissão nacional, contribuindo com 44% do valor total. A Agropecuária atingiu 28% e o setor de Energia chegou a 19%. Juntos, esses três setores são responsáveis por 91% das emissões de

GEE nacionais. O motivo para a divergência entre os dados do SEEG e os do SIRENE, o que pode causar um pouco de confusão, está no fato de o governo federal reportar as emissões líquidas, reduzindo o peso do setor LULUCF, enquanto o SEEG reporta o valor total. Ainda assim, a importância e a grande participação desses três setores como fontes emissoras é observada em ambas as fontes de dados.

De alguma forma, direta ou indiretamente, em maior ou menor proporção, essas fatias de emissão estão relacionadas ao consumo final da população (WELLS et. al., 2011). Portanto, destrinchar cada um dos setores e analisar o impacto dos diferentes hábitos de consumo nas emissões de GEE poderia ajudar a direcionar as cobranças e políticas públicas que teriam maior influência de minimizar os impactos ambientais.

Como mencionado, as emissões de carbono estão conectadas aos hábitos de consumo e comportamentos individuais (WELLS et. al., 2011) e, devido a essa interdependência, há dificuldade de se trabalhar com o conceito de sustentabilidade e mudanças climáticas por conta do fenômeno multidimensional do comportamento de consumo humano. O objetivo com o estudo é, a partir de uma análise ambientalmente estendida da MIP do IBGE e das emissões de GEE estratificadas de acordo com os setores econômicos, identificar espaços de oportunidades, entender quais atividades humanas apresentam maior impacto de ganhos ambientais e como elas são determinadas pelo contexto socioeconômico brasileiro. Em resumo, a análise insumo-produto ambientalmente estendida é um método utilizado para analisar o balanço de emissões associado às atividades econômicas. Assim, busca-se entender em quais esferas econômicas/de consumo seria possível atuar para se obter melhores resultados em direção a manter os níveis de aquecimento global abaixo de 2 °C.

O trabalho preocupou-se em não atribuir a responsabilidade ambiental ao consumidor comum desassociado da realidade socioeconômica em que o mesmo está inserido. Num contexto em que as políticas ambientais são fracas e há pouca atuação estruturada e consolidada por parte dos chefes de estado, além de uma grande desigualdade no que diz respeito aos hábitos de consumo gerais, a maior parcela da população contribui historicamente muito pouco para o aquecimento global, estando o impacto ambiental concentrado no comportamento de consumo de poucos, no caso, dos mais ricos (CACHOLA, 2022; TUDESCHINI, 2018). Esse exame socioeconômico e o entendimento de justiça climática são, inclusive, análises críticas que o trabalho precisou ter em vista.

Enfim, a principal pergunta dessa pesquisa busca entender, através da metodologia de análise de insumo-produto, como os hábitos de consumo de uma população estão relacionados

aos níveis de emissão de GEE, quais mudanças em comportamentos de consumo poderiam causar os maiores níveis de redução de emissões e como a conscientização ou direcionamento de políticas públicas ambientais poderia ajudar no refreamento das consequências das mudanças climáticas. Dessa forma, para basear essa discussão, é preciso estruturar o cenário de emissões nacional sob a ótica da MIP ambientalmente estendida e os coeficientes de emissões dela derivados.

#### i. Objetivos

O objetivo deste trabalho é investigar a relação entre os hábitos de consumo das famílias brasileiras e os níveis de emissão de GEEs através de uma análise de Insumo-Produto, de forma a identificar os maiores potenciais de ganho e elucidar possíveis políticas públicas ambientais que contribuam para garantir a manutenção do aumento da temperatura média global abaixo de 2 °C.

#### ii. Objetivos Específicos

De maneira mais minuciosa, essa dissertação busca:

- Identificar os setores brasileiros que mais emitem GEEs e apresentar como eles estão estratificados a partir da análise de Insumo-Produto,;
- Analisar os principais gastos das famílias brasileiras e, a partir dos coeficientes de emissões calculados, diferenciar quais os setores de consumo responsáveis pela maior parcela de emissão de gases do efeito estufa;
- Mapear, a partir da literatura e dos resultados obtidos, os hábitos de consumo familiares responsáveis pelos maiores níveis de emissão;
- Entender como esses hábitos estão atrelados à estrutura socioeconômica nacional;
- Mensurar o impacto, em emissão de CO<sub>2</sub> equivalente, da introdução/modificação de alguns dos hábitos de consumo identificados como potenciais para entendimento dos impactos nos níveis nacionais;
- Elucidar possíveis propostas de abordagem de transição energética que não estejam necessariamente atreladas ao desenvolvimento de novas tecnologias, mas sim vinculados a projetos educacionais e políticos que possibilitem mudanças de padrões de consumo atrelados à energia.

### iii. Estrutura da dissertação

A dissertação se estrutura além da introdução em três capítulos centrais de discussão sobre o tema e o encerramento com as considerações finais. O primeiro capítulo “Revisão da literatura” apresenta uma revisão dos principais relatórios do clima a respeito das mudanças climáticas, a realidade das emissões mundiais e nacionais de GEE, bem como sua setorização. Fazer isso é o primeiro passo para entender como são distribuídas as emissão por setor, o que já é um bom indicativo de potenciais de ações atreladas a hábitos de consumo. O último tópico aborda a teoria por traz de uma análise insumo-produto e apresenta alguns exemplos de trabalhos ao redor do mundo que, de maneira similar, utilizaram-se dessa metodologia para avaliar as emissões de GEE de uma região. A intenção é, portanto, reforçar a importância e urgência de discutir o tema de mudanças climáticas sob diferentes perspectivas e entender como uma avaliação relacionada aos hábitos de consumo podem apontar para caminhos alternativos, de forma a reverter a situação atual e minimizar os impactos do aquecimento global.

O segundo capítulo “Metodologia” divide-se em três subitens principais: a) Fundamentos da análise MIP ; b) Correlação entre os valores de emissão de GEE e a MIP para obtenção dos coeficientes de emissão por setor; e c) Limitações da análise e ajustes necessários. A partir dessa estruturação metodológica será possível harmonizar os dados do IBGE de consumo das famílias com as emissões nacionais de GEE por setor de forma a conseguir examinar quais os produtos ou setores econômicos têm maior influência e de que forma os hábitos domésticos de consumo impactam nisso. A ideia central neste capítulo é apresentar as adaptações necessárias para a realização dos cálculos matriciais, as variáveis consideradas e o direcionamento dado à pesquisa para obtenção dos resultados. Assim como qualquer outra análise, essa avaliação ambiental pela perspectiva da MIP apresenta limitações e necessita ajustes para ser aplicada e isso será tratado nessa parte do trabalho.

O tópico “Resultados e discussão” será dividido em três subitens. No primeiro, “Indicadores ambientais de emissão”, o objetivo é apresentar os indicadores de emissões encontrados. Os tópicos seguintes, “Setores mais emissores de GEE e potenciais de redução atrelados ao consumo doméstico: uma discussão sobre nossa alimentação” e “Análise socioeconômica dos resultados”, entrarão mais no detalhe dos hábitos familiares com maior potencial de redução de emissões de GEE segundo o consumo das famílias e das preferências/possibilidades domésticas de redução, levando em consideração a realidade brasileira e os desafios existentes.

O capítulo de conclusão sumariza o estudo e os resultados obtidos através dessa metodologia de análise insumo-produto ambientalmente estendida com foco no consumo das famílias, para endereçar possíveis soluções e direcionamentos políticos com potencial de redução das emissões de GEE, além de deixar reflexões que possam dar abertura à futuros estudos.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo tem como função estruturar um breve histórico da realidade mundial ambiental, fundamentar os desafios decorrentes das mudanças climáticas e os esforços necessários para que os impactos não sejam maiores do que a sociedade já experiencia atualmente. Será apresentada aqui uma estratificação das emissões de GEE por setor econômico, além de alguns dos trabalhos existentes que realizaram uma análise ambientalmente estendida da MIP. Sendo assim, a revisão da bibliografia estrutura-se nos seguintes tópicos: (2.1) Mudanças climáticas, emissões de gases de efeito estufa e políticas ambientais, (2.2) Emissões mundiais e nacionais de GEE, hábitos de consumo e as principais atividades domésticas emissoras e (2.3) MIP e as avaliações ambientalmente estendidas. Essas três temáticas serão a base para as discussões dos próximos capítulos do trabalho, pois oferecem um panorama geral da realidade e da importância do assunto, bem como discutem diferentes formas de se buscar soluções e políticas para as questões climáticas. Para reverter o cenário atual, muitas mudanças são necessárias e todas as diferentes propostas e metodologias de análise da temática podem contribuir para o direcionamento de ações de mitigação. Aqui será possível conhecer alguns trabalhos que utilizaram-se de diversas formas de análise insumo-produto para mapear a relação entre economia e emissões em busca de respostas para a crise climática.

### 2.1. Mudanças climáticas, emissões de gases de efeito estufa e políticas ambientais

Estudar sobre as mudanças climáticas não é uma tarefa simples, mas é essencial para formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de avaliar criticamente temas específicos e tomar decisões importantes. A devida atenção ao assunto, segundo John Zillman (2009), começou a se tornar efetivamente mais presente a partir dos anos de 1950 após cinco evoluções tecnológicas e científicas relevantes, que permitiram maior rigor científico e um mapeamento do sistema climático global, sendo elas: avanços no estudo de circulação atmosférica pós Segunda Guerra Mundial; aumento do número de observações geológicas; reconhecimento do potencial de observação meteorológica dos satélites; a chegada e avanço dos computadores digitais; e a mentalidade global de buscar direcionar cooperativamente temas importantes às Nações Unidas.

A primeira discussão climática na esfera mundial foi realizada em 1979, em Genebra. Patrocinada pela Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization – WMO*), por alguns órgãos da Organização das Nações Unidas (ONU) como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e o Conselho Internacional da União Científica (sigla ICSU do inglês), a Conferência Climática Mundial (WCC-1) de 1979 contou com aproximadamente 350 especialistas de 53 países e 24 organizações internacionais e abriu as portas para discussão do assunto, sendo uma das suas declarações a menção de ações antrópicas como responsáveis por mudanças climáticas e a importância de se observar, aprender e agir contra os efeitos adversos dessas práticas:

Desde o nascimento da civilização, a humanidade tem experienciado mudanças climáticas, mas nenhuma mudança em larga escala promovida pelo homem foi registrada. No entanto, com uma grande e crescente população mundial, o homem agora parece capaz de alterar inadvertidamente o clima nesse planeta dentro de poucas próximas gerações em uma extensão comparável a grandes eventos de mudança climática naturais. Talvez seja agora a oportunidade para os homens de usar o conhecimento e sabedoria para evitar os efeitos adversos dessas mudanças. (WMO WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1979)

Nessa época, ou seja, há 45 anos, já se levantava a importância de dedicar esforços para reverter os efeitos antrópicos no clima. Com isso, outras frentes foram se formando para dar mais corpo às discussões e fomentar o compromisso das nações em reverter o cenário mundial. Em 1988, outro avanço foi dado a partir da criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change - IPCC*). Idealizado pela WMO e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma, do inglês UNEP), o IPCC tem realizado o importante papel de fornecer informações científicas relacionadas ao tema como base para os governos desenvolverem políticas climáticas visando mitigar os riscos e impactos do aquecimento global.

Em linhas gerais, aprofundando um pouco mais na estruturação do IPCC, o Painel conta com 195 países membros, sendo que seus representantes se encontram em sessões plenárias anuais para selecionar os cientistas representantes que irão ser responsáveis pelo ciclo de avaliação vigente. Eles se organizam basicamente em três principais grupos de trabalho. O Grupo I (WGI) estuda de forma geral a ciência básica das mudanças climáticas por meio de análises de GEE na atmosfera, mudanças de temperatura do ar, terra e oceanos, ciclos hidrológicos e mudança de precipitações, entre outras atividades. O Grupo II (WGII) é responsável pelos impactos causados pelas mudanças climáticas, bem como a vulnerabilidade de sistemas socioeconômicos e as possibilidades de adaptações às novas condições climáticas.

Já o último grupo (WGIII) foca na mitigação das mudanças climáticas ao levantar métodos para reduzir as emissões e remover GEE da atmosfera. Com os três grupos mais a força tarefa, o IPCC cobre diferentes linhas de estudo sobre o tema e municia os governos com o melhor nível de informação possível. A Figura 1 traz mais detalhes dessa estruturação para melhor entendimento.

Figura 1: Estrutura explicativa do funcionamento do IPCC



Fonte: Adaptado de “Structure of the IPCC”, 2024.

O último volume de um trabalho de oito anos, o Sexto Relatório de Avaliação (AR6), foi publicado no ano de 2023 e apresenta um dos mais atuais cenários sobre as mudanças climáticas. O trabalho destaca como as ações antrópicas têm sido responsáveis pelas altas taxas de aquecimento atingidas e evidencia os impactos e riscos que os ecossistemas e sociedades sofrerão caso os esforços não sejam direcionados para reversão dessa realidade.

De forma mais abrangente, o relatório dialoga com a principal meta definida pelo Acordo de Paris, firmado durante a COP 21 e que entrou em vigor efetivamente em 4 de novembro de 2016, conforme transcrição do Artigo 2º do Acordo:

1. Este Acordo, ao reforçar a implementação da Convenção, incluindo seu objetivo, visa fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima, no contexto do desenvolvimento sustentável e dos esforços de erradicação da pobreza, incluindo:

(a) Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais, e envidar esforços para limitar esse aumento da temperatura a 1,5 °C em relação aos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e os impactos da mudança do clima;

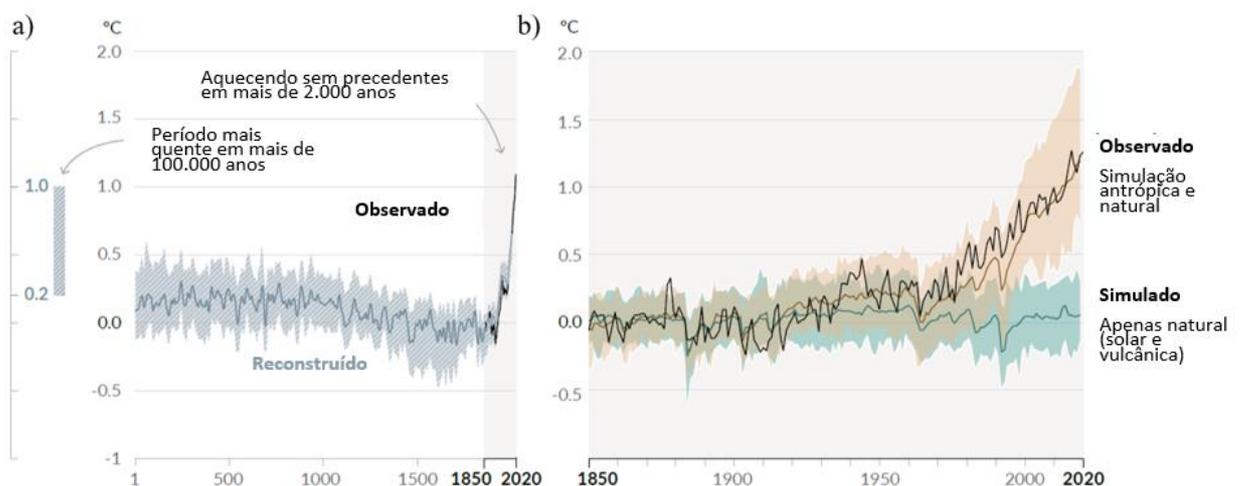
(b) Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima e promover a resiliência à mudança do clima e um desenvolvimento de baixa

emissão de gases de efeito estufa, de uma maneira que não ameace a produção de alimentos; e

(c) Tornar os fluxos financeiros compatíveis com uma trajetória rumo a um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa e resiliente à mudança do clima. (UNITED NATIONS - FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC), 2016)

Deste último relatório do IPCC, serão abordados a seguir os aspectos da base científica consolidada pelo WGI a respeito dos avanços das mudanças climáticas e o aumento da temperatura média global. Entre 2011 e 2020 a temperatura média de superfície global foi aproximadamente 1,09 °C maior do que quando comparado aos anos de 1850-1900 e as ações humanas são direta e indiretamente responsáveis por essas mudanças sem precedentes que podem ser observadas na atmosfera, no oceano e na terra. A mudança da temperatura média influencia na temperatura dos oceanos e no nível dos mares, no derretimento das geleiras polares, bem como afetam o comportamento climático em todas as regiões do planeta, o que acarreta nos eventos climáticos extremos que a população global já tem experimentado nos últimos anos, como ondas extremas de calor, altos índices de precipitações, enchentes, longos períodos de estiagem, ciclones, entre outros. A Figura 2, extraída do relatório, mostra o comportamento da temperatura superficial da Terra tendo como referência os anos 1850-1900, na qual podemos observar o aumento exponencial da taxa de crescimento da variação de temperatura nos últimos anos.

Figura 2: Mudança na temperatura superficial global em relação a 1850-1900. (a) Mudança na temperatura da superfície global reconstruída (1-2000) e observada (1850-2020). (b) Mudança na temperatura da superfície global observada e simulada utilizando fatores naturais e humanos e apenas naturais (ambos 1850-2020).



Fonte: AR6 Climate Change 2021 (IPCC - WORKING GROUP, 2021). Tradução própria.

Em relação aos futuros cenários ambientais, o AR6 deixa claro que não será possível atingir a meta de manter o aumento de temperatura em 2 °C sem que se reduza drasticamente as emissões de GEE. Qualquer incremento na temperatura média, ainda que aparentemente discretos, influenciam na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos ao redor do mundo, bem como no equilíbrio ambiental dos biomas em diferentes regiões do planeta. Manter o aquecimento global decorrente de ações antrópicas dentro de limites aceitáveis exige ao menos emissões líquidas de CO<sub>2</sub> iguais a zero, além de reduções na emissão de outros GEE:

De uma perspectiva da física, limitar o aquecimento global causado pelo homem a um nível específico requer limitar as emissões cumulativas de CO<sub>2</sub>, atingindo pelo menos emissões zero de CO<sub>2</sub>, junto com fortes reduções de emissões de outros gases do efeito estufa. Reduções fortes, rápidas e sustentáveis em emissões de CH<sub>4</sub> também limitariam os efeitos de aquecimento resultantes da redução de poluição por aerossóis e melhorariam a qualidade do ar. (IPCC; WORKING GROUP I, 2021, tradução própria)

Naturalmente, as consequências das mudanças climáticas já vêm acontecendo em todas as regiões do globo, inclusive em áreas mais ermas e sem tanta influência humana no ambiente. O Ártico possivelmente seguirá uma taxa de aquecimento duas vezes maior à global e isso significa maior derretimento de geleiras, menor capacidade de controle térmico terrestre, maior nível do mar, entre outras consequências já mencionadas.

Frente a toda essa situação, é extremamente importante que os esforços sejam direcionados para reverter o cenário atual. Para correlacionar isso aos objetivos deste trabalho, é preciso ter maior entendimento dos níveis de emissões de GEE através dos inventários existentes, pois eles serão ferramentas essenciais para mapear os principais agentes poluidores e direcionar políticas ambientais.

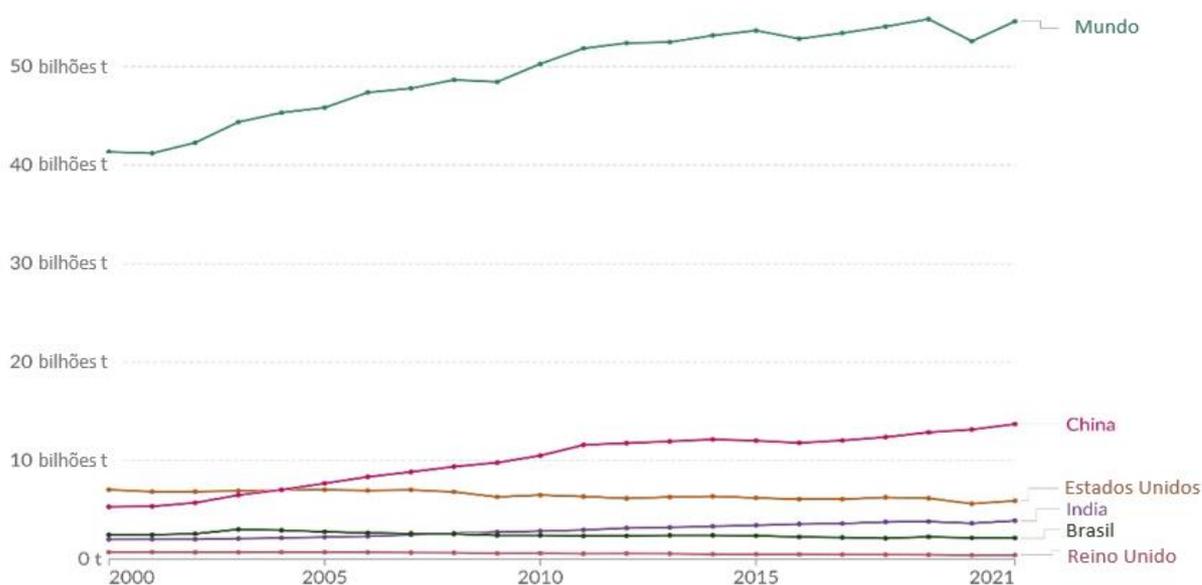
## 2.2. Emissões mundiais e nacionais de GEE, hábitos de consumo e as principais atividades domésticas emissoras

Análises mais detalhadas das emissões de GEE se iniciaram como apoio à tentativa de solucionar os problemas da crise climática. Emitir GEE em si não é um problema, pois isso é um fenômeno natural, a questão está justamente no aumento significativo dessas emissões devido às atividades antrópicas, o que torna a camada de gases que retém o calor na Terra mais espessa. São três os principais GEE: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). A queima de combustíveis fósseis para gerar energia ou energia elétrica, a extração de

petróleo, gás e a mineração, além das emissões originadas da fermentação de alguns ruminantes, e as práticas agrícolas que contam principalmente com grandes taxas de uso de fertilizante são, respectivamente, as atividades humanas que mais contribuem para a emissão desses gases mencionados (UNEP - UN ENVIRONMENT PROGRAMME, 2022).

Segundo os dados disponibilizados no jornal *Our World in Data*, de 2000 a 2021, as emissões de GEE aumentaram em 31% no mundo, passando de 40,77 Gt de CO<sub>2</sub>eq para 53,45 Gt. Em 2021, o Brasil respondeu por aproximadamente 4% desse valor total, ficando atrás de alguns países como China, Estados Unidos e Índia, como pode ser visto na Figura 3.

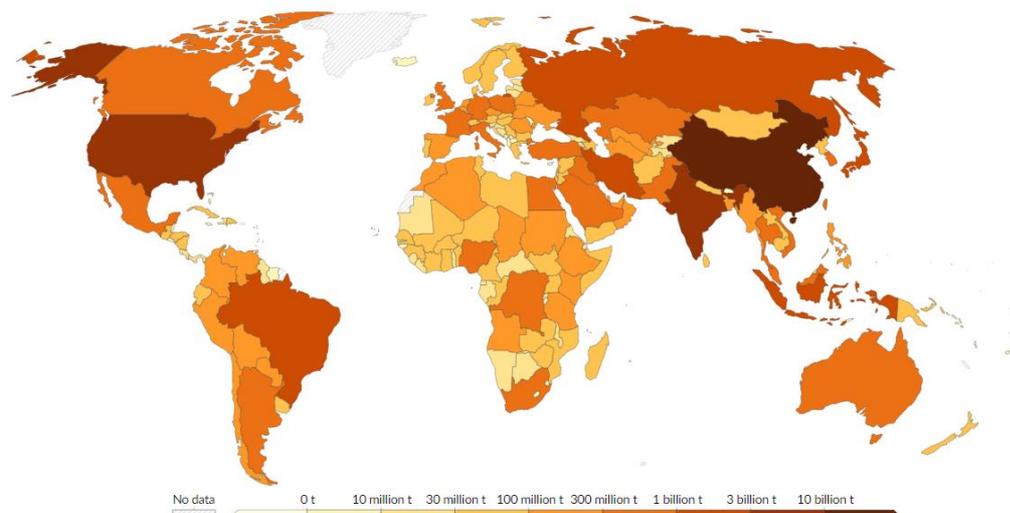
Figura 3: Evolução das emissões de GEE no mundo e em alguns países (em bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq)



Fonte: Jones et al. (2023).

Para facilitar a comparação mundial no que diz respeito às emissões, a Figura 4 mostra em escala de cor a quantidade que cada país emite.

Figura 4: Mapa das emissões mundiais de GEE, 2021



Fonte: Jones et al. (2023).

Ao analisar as emissões de GEE per capita, a situação muda um pouco de cenário e países como Índia e China deixam a lista dos maiores emissores, sendo substituídos por países como Arábia Saudita, Mongólia, Austrália e Canadá. O Brasil mantém-se entre os primeiros e apresenta valores 53% superiores à média mundial de 6,8t CO<sub>2</sub>eq, chegando a quase 11t CO<sub>2</sub>eq por pessoa (JONES ET AL., 2023).

Segundo o Observatório do Clima, a mudança de uso de terra e floresta é o setor que mais contribui com as emissões brasileiras, representando 49% do total. Dentro dessa categoria estão atividades como o desmatamento e as modificação de biomas para fins agropecuários, marcados pelo avanço da pecuária por territórios preservados. Com as atuais taxas de emissão e desmatamento, o país precisará ampliar seus esforços para atingir as metas de reduções de GEE acordadas na NDC, isso significa reduzir em pelo menos 49% as emissões da Amazônia entre 2022 e 2025 (TSAI et al., 2023).

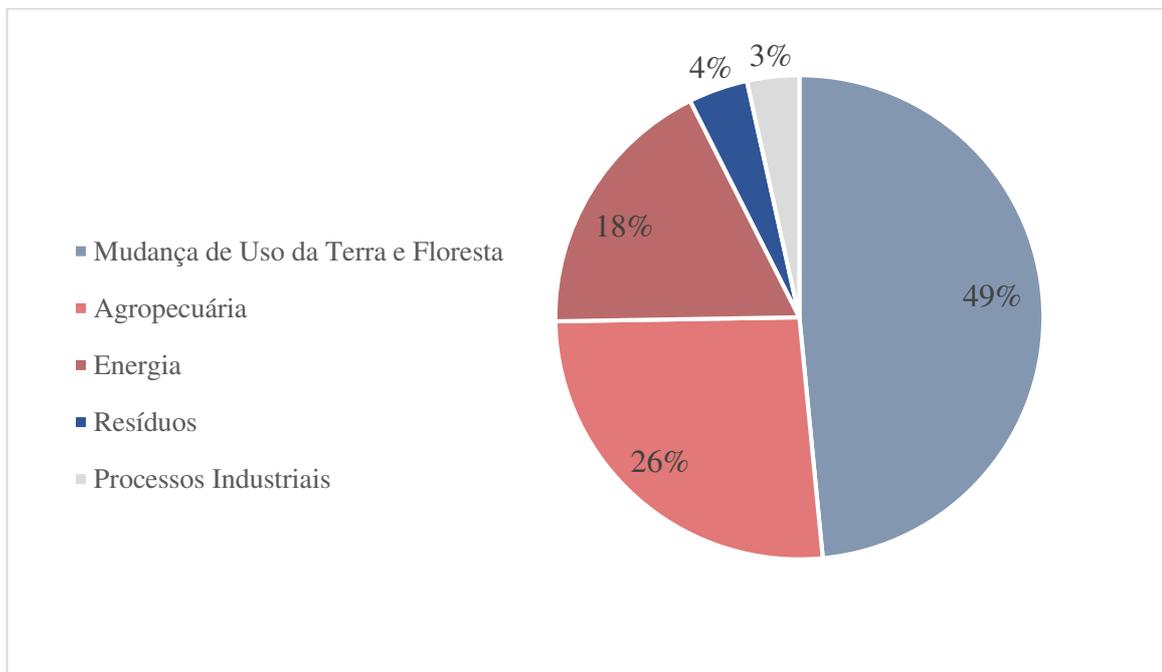
O desmatamento no território brasileiro avançou no últimos anos em decorrência de uma crescente desregulamentação de leis de proteção ambiental, fruto de gestões neoliberais (SOUZA et al., 2024). Apesar da própria Constituição Federal Brasileira de 1988 garantir à população um meio ambiente equilibrado e impor a necessidade de todos lhe defenderem e preservarem, não é o que vem sendo praticado. A partir da redemocratização o modelo neoliberal ganhou forças no país como uma alternativa às crises anteriores com suas políticas de livre mercado, liberdade individual e competição (ADAS OLACYR; SPINELI DE PAIVA, 2020).

O agronegócio tem uma participação chave nesse avanço do desmatamento. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), o PIB do agronegócio atingiu R\$ 2,45 trilhões em 2024, o que representa 21,5% da economia do país. Essa posição de relevância estratégica e política tornou possível a formação da Bancada Ruralista, influente grupo político no Congresso organizado oficialmente em 1995 e que desde então tem aprovado grandes pautas legislativas de flexibilização ambiental e trabalhista em todos os governos subsequentes.

Para setorizar os valores nacionais de emissão, serão utilizados os dados do relatório analítico do SEEG. A base de dados para cálculos de coeficientes de emissão será o relatório de 2022, mas as análises críticas terão como apoio também as informações contidas nos relatórios mais recentes do Observatório do Clima.

No total, o Brasil emitiu 2,3 bilhões de toneladas de GEE e esse valor está dividido percentualmente por setor conforme a Figura 5.

Figura 5: Percentual bruto de emissões por setor CO<sub>2</sub>eq GWP-AR6



Fonte: Observatório do Clima, 2022. Elaboração própria

Em valores absolutos, temos a seguinte distribuição:

Tabela 1: Valor absoluto de emissões brasileiras de GEE, 2022

<b>Nível 1 - Setores</b>	<b>Total 2021 (tCO<sub>2</sub>eq)</b>
Mudança de Uso da Terra e Floresta	1.118.740.250
Agropecuária	606.255.677
Energia	412.657.899
Resíduos	90.856.053
Processos Industriais	79.659.586

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados de emissões do SEEG, 2022.

Como mencionado, mudança do uso de terra e floresta corresponde a maior fatia de emissões nacionais. Do 1,1 bilhão de tCO<sub>2</sub>eq emitidos apenas por esse setor, o desmatamento da Amazônia sozinho responde por 74% e o avanço da pecuária sobre a floresta é o principal causador. Com base nisso, não é difícil entender como o enfraquecimento de políticas e órgãos ambientais que controlam o desmatamento é um risco mundial no que diz respeito aos níveis de emissões do país e, conseqüentemente, para as mudanças climáticas. Apesar do desmatamento da Amazônia contribuir com a maior parcela dos dados, a taxa de deflorestação do Cerrado chega a ser três vezes maior, colocando-o na segunda posição do ranking de contribuição para as quantidades brutas de emissões de GEE (SILVA et al., 2023).

O setor da agropecuária vem logo em seguida, com seus 26% (606 MtCO<sub>2</sub>eq) de participação do balanço nacional. Aqui, estão contempladas as emissões em decorrência da digestão de animais ruminantes, o manejo de seus dejetos, o cultivo de arroz irrigado, a queima dos resíduos do cultivo de cana-de-açúcar e algodão e as emissões originadas a partir do manejo do solo. A fermentação entérica, dentro do setor agropecuário é a atividade de maior relevância nos níveis de emissão direta. Dos 606 MtCO<sub>2</sub>eq, 384 MtCO<sub>2</sub>eq ou 63% estão ligados à emissão de CH<sub>4</sub> através do arrotado do animal ruminante, decorrente da decomposição e fermentação dos alimentos durante seu processo digestivo. O manejo de solo é o subsetor seguinte em contribuição, participando com 183 MtCO<sub>2</sub>eq ou 30%. Os três setores restantes (energia, processos industriais e resíduos), juntos, contribuem com 583 Mt CO<sub>2</sub>eq, quase a mesma quantidade que o setor agropecuário sozinho.

Após analisar os dados trazidos pelo Observatório do Clima e a atribuição por atividade econômica, ou seja, considerando o motivo pelo qual determinada atividade é praticada, conclui-se que o setor agropecuário como um todo contribui com as maiores taxas de emissão. De forma mais clara, o relatório atribui a cada um dos níveis iniciais (Tabela 1) uma atividade econômica correspondente responsável por designar qual o objetivo final de tal categoria emissora. Logo, as emissões decorrentes de um caso de mudança do uso de terra devido ao

desmatamento de uma área protegida para criação de gado de corte também pode ser entendido, em maior abrangência, como produto do setor de agronegócio. Outro exemplo de agregação dos níveis de emissão feitas a este setor econômico são aquelas geradas pela queima de combustíveis fósseis para o consumo energético nas instalações agropecuárias e, somando todas esses casos indiretos decorrentes de diferentes atividades, percebe-se como o agronegócio apresenta um grande impacto ambiental para o Brasil.

Reduzir a produção de determinados setores econômicos ou uso de certos serviços está diretamente relacionado a uma mudança de comportamento de emissões de GEE de um país ou região. Cada um desses setores apresenta seus próprios desafios rumo à redução das emissões de GEE e o crescimento da economia, e consequente aumento do consumo, ao redor do mundo tem garantido o oposto (LAMB et al., 2021).

### 2.3. MIP e as avaliações ambientalmente estendidas

Para entender a complexa relação existente entre as atividades econômicas e as emissões de GEE, a metodologia de análise insumo-produto ambientalmente estendida é frequentemente usada. Essa metodologia de análise, também chamada de modelo de Leontief, foi desenvolvida pelo professor Wassily Leontief nos anos de 1930 e lhe rendeu o prêmio Nobel de Ciências Econômicas em 1973 (MILLER; BLAIR, p.1). Em linhas gerais, o modelo é construído a partir de uma observação das interações econômicas com a demanda final e entre os próprios setores econômicos, pois, além de produzirem para atender o consumo fim, os grupos industriais utilizam-se de insumos de outras empresas para produzir outros produtos: “As informações fundamentais utilizadas na análise de insumo-produto dizem respeito aos fluxos de produtos de cada setor industrial, considerado como produtor, para cada um dos setores, ele próprio e outros, considerados consumidores.” (MILLER; BLAIR, p.2, tradução própria).

As informações que saem dessas relações econômicas são dispostas em equações lineares em que as vendas anuais de  $n$  setores podem ser calculadas a partir da somatória de produto que esse setor vende para cada um dos demais setores, adicionado à venda para demanda final. As MIP oferecem, portanto, dados do fluxo econômico de um país e a interligação setorial. No Brasil, as matrizes são elaboradas pelo IBGE a partir das Tabelas de Recursos e Usos (TRU) do Sistema de Contas Nacional (SCN), sendo a última publicação oficial do órgão o fechamento dos dados de 2015. A tabela com maior nível de detalhamento hoje disponibilizada no site do IBGE resume 67 atividades econômicas por 127 produtos.

Desde a década de 60, pesquisadores têm utilizado do modelo Insumo-Produto para analisar o balanço de emissões associado às atividades econômicas (MILLER; BLAIR, p. 446). Inclusive, os estudos de Leontief e o seu desenvolvimento dessa metodologia levaram posteriormente à origem das análises do ciclo de vida (ACV) (FILHO et al., 2016). O raciocínio de ambas as metodologias de análise é similar, mas diferem nas unidades funcionais centrais, sendo a análise de insumo-produto com foco econômico e a ACV ambiental. Como o objetivo do trabalho foi mapear a relação entre hábitos de consumo individuais/das famílias e emissões de GEE, optou-se pela metodologia insumo-produto.

As análises que levam em consideração o consumo das famílias tratam, no geral, a economia de forma homogênea. Algumas vão mais a fundo e chegam a estratificar as camadas sociais para entender o comportamento por classe social. Em todos os casos, apesar de existirem escalas variáveis de impacto, a relação entre renda e emissões mantem-se diretamente proporcional, ou seja, com o aumento da renda há o aumento dos níveis de emissão de GEE.

Cachola (2022) analisou a relação entre a pegada de carbono das famílias brasileiras e a renda. A ideia era justamente apresentar esse recorte de classe no que diz respeito ao balanço de emissões a partir dos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), do Balanço Energético Nacional (BEN) e as MIPs. O resultado encontrado foi que famílias com renda mensal superior a R\$28 mil emitiram 7 vezes mais que as famílias mais pobres, com renda inferior a R\$2 mil. Com isso, entende-se que mudanças no estilo de vida das famílias mais ricas têm maior impacto na redução de emissões. O trabalho discute também sobre aqueles que são reféns de hábitos de consumo de alto carbono por não terem acesso a recursos diferentes, social e economicamente. Para tanto, políticas governamentais são essenciais para fomentar qualquer consumo mais sustentável.

Dessa forma, fica claro que quando estudos como esses são feitos no Brasil, torna-se essencial adicionar à equação a realidade de desigualdade social. O objetivo do trabalho de Tudeschini (2018) foi analisar a contribuição desigual de emissão de GEE por conta do consumo das famílias e o impacto em mudanças de distribuição de renda na pegada de carbono residencial brasileira a partir de modelos de Insumo-Produto regionais. Emissões de GEE estão embutidas em qualquer bem ou serviço consumido e podem ser obtidos a partir dos coeficientes ambientais multiplicados aos valores da MIP que representam o consumo das famílias por produto ou setor. Os resultados mostram que as emissões de GEE crescem significativamente conforme a renda aumenta, sendo que os 10% das famílias mais ricas do país emitem até 10 vezes mais que os 10% mais pobres.

A discussão social envolvida em análises que discutem mudanças climáticas e desigualdade são muito densas e difíceis, mas extremamente importantes por colocarem em evidência questões relativas à justiça climática. Para uma visão mais global disso, Hubacek et al (2017) busca em seu trabalho “*Global carbono inequality*” entender através da MIP combinada à pesquisas de gastos familiares por diferentes grupos sociais como são os comportamentos de emissão. De acordo com os cálculos estudados, os 10% mais ricos causam mais de um terço da emissão global de GEE, enquanto os 50% mais pobres respondem por apenas 15%. No entanto, se a desigualdade diminuísse as emissões iriam aumentar por conta dos atuais padrões de consumo de alta intensidade de emissão. Logo, torna-se essencial adicionar às discussões climáticas a realidade de consumo atual e a necessidade de mudanças de certos padrões. Outro resultado importante, relevante para a discussão em um país como o Brasil, foi de que a disparidade de emissões entre as classes sociais se agrava quanto mais pobre é o país. Isso significa que em países como o Brasil, quando comparado à países europeus, os cidadãos mais ricos emitem em maior escala que os mais pobres.

Avaliações que tratam do consumo residencial utilizando-se do modelo Insumo-Produto podem ser observadas em variados trabalhos ao redor do mundo. Long et al. (2019) investigaram a pegada de carbono de residências em Tóquio a partir de inventários de consumo e da MIP da cidade, e estratificaram por setor econômico para identificar aquele com maior contribuição para as emissões. Famílias são, afinal, consumidores finais da maioria dos bens e serviços gerados em uma economia e por isso, análises ambientalmente estendidas da MIP a partir da visão do consumo residencial são capazes de indicar setores com grandes emissões indiretas de GEE. As categorias de Eletricidade e Gás correspondem a 22% e 23% das emissões residenciais de Tóquio, respectivamente. Transporte e Alimentação também têm grande participação nesse percentual, superando os 25%. O trabalho avaliou também a sazonalidade de consumo doméstico desses setores, que aumenta expressivamente no inverno por conta do consumo de gás e eletricidade para aquecer as residências. Essas conclusões são importantes para entender os comportamentos residenciais e direcionar medidas públicas de baixo carbono.

Outro trabalho que busca entender, a partir de uma análise Insumo-Produto, as emissões atreladas ao consumo residencial é o de Steen-Olsen, Wood e Hertwich (2016). Eles se propuseram a combinar os dados de consumo da Noruega com matrizes de Insumo-Produto para definir a pegada de carbono residencial. Os três principais grupos de consumo que impactam a pegada de carbono norueguesa são alimentação, transporte e consumo energético residencial. O aumento de 1999 a 2012 na pegada de carbono de todas as categorias listadas

pelo autor refletem o aumento da renda e o desenvolvimento econômico do país nos anos, o que reforça a relação existente entre consumo (renda) e impacto ambiental.

Na China, Li, Zhang e Su (2019) investigaram o impacto de diferentes níveis de consciência social nas emissões domésticas de GEE e apresentaram a lacuna entre ter consciência de algo e se comportar de forma diferente, reforçando novamente a importância de políticas governamentais que levem em consideração a realidade de sua população. As emissões residenciais chinesas são divididas por setores de consumo da seguinte forma, principalmente: uso energético residencial (40,1%), alimentação (18,3%), transporte e comunicação (13,8%). Mais uma vez o resultado foi de que as emissões diretas e indiretas aumentam conforme a renda. Esse estudo foi além e buscou entender outras variáveis sociais que causam impacto nas emissões. Além da renda, outros fatores relacionados ao aumento de emissões são, por exemplo, nível educacional, estrutura residencial, hábitos urbanos e consciência ambiental, o que mostra que não necessariamente entender sobre as mudanças climáticas faz com que o cidadão chinês pratique ações pró-meio ambiente. Em contraponto, trabalhar mais, ter família maior e morar em um ambiente rural têm efeito negativo nos valores de emissões de GEE.

Na linha de pesquisa da consciência do consumidor em relação as mudanças climáticas, Brounen, Kok e Quigley (2013) fizeram um estudo na Holanda com dados de 2011 para entender o conhecimento e comportamento das famílias no que diz respeito ao seu próprio consumo energético e eficiência. Os resultados que encontraram valem como um alerta para pesquisas como essa que visam atrelar qualquer mudança de hábito à reduções de emissões de GEE, pois mostram como a maioria das pessoas (56%) nem ao menos tem conhecimento dos impactos de mudanças mensais. Ou seja, apesar do consumo energético residencial ser uma importante oportunidade de conservação de recursos, a média geral dos consumidores parece não conhecer esse potencial. Resultados como esse, obtidos em países desenvolvidos, quando extrapolados para países como o Brasil, podem ser ainda mais desanimadores, afinal, boa parte da população brasileira não tem nem ao menos o recurso para escolher arbitrariamente por fontes de consumo menos emissoras.

Duarte, Mainar e Sánchez-Chóliz (2012) analisaram alguns aspectos dentro da realidade social espanhola, abordando a relação entre características da estrutura familiar da Espanha, como renda, vida urbana ou rural, densidade populacional, classe social e nível educacional, e os padrões de consumo. Para tanto, fizeram inicialmente a divisão das famílias segundo os critérios listados, depois avaliaram as emissões diretas produzidas, por exemplo, com combustível e aquecimento residencial, bem como as indiretas decorrentes da produção de

produtos e serviços. O resultado traz a relação de intensidade de emissão por unidade monetária e é capaz de classificar ambientalmente determinados padrões de consumo. Famílias de meio urbano, mais bem educadas, de classes sociais mais altas, ou seja, com maiores rendas, apresentam as maiores taxas de emissão de CO<sub>2</sub> eq per capita. No entanto, a intensidade de emissão (kg CO<sub>2</sub>/€) desse grupo apresenta os menores valores, o que mostra que aqueles com poder aquisitivo podem escolher seletivamente seus consumos e, portanto, pagar por produtos com fontes menos extensivas de produção, conseqüentemente menos emissoras de GEE. Assim, o que determina hábitos de consumo por produtos menos ou mais poluentes é o poder de compra de cada família, mas consumir mais necessariamente significa emitir mais.

Dos trabalhos brasileiros nessa linha, França (2013) avaliou a relação das emissões e o consumo energético setorial do estado de São Paulo por meio da metodologia de insumo-produto. O objetivo foi conhecer os valores diretos e indiretos de emissões do setor e direcionar políticas efetivas de atendimento à Política Estadual de Mudança Climática (PEMC). Foram propostos três cenários para atingir à PEMC, simulando diferentes níveis de redução: 1) reduzir 20% das emissões totais por unidade da demanda final; 2) reduzir 20% das emissões do setor de energia por unidade da demanda final; e 3) 20% de redução das emissões diretas e indiretas, sem levar em conta a demanda final. Os valores de emissões indiretas encontrados giraram em torno de 30% do total de emissões, sendo essas emissões indiretas relativas à produção, processamento, transporte, armazenamento e distribuição de uma determinada matéria prima até seu local ou setor de uso, ou seja, são emissões geradas pela demanda de um setor produtivo. A importância do método está justamente em conseguir agregar aos resultados finais os valores indiretos decorrentes da interdependência econômica entre os setores

Por fim, outra utilidade de uso desse tipo de análise é entender como decisões econômicas de mercado podem causar grande impacto nas emissões. Young e Barbosa Filho (1998) examinaram o impacto nas emissões de CO<sub>2</sub> causado por medidas de abertura de mercado e subsídios para determinados setores econômicos. Como o Brasil é um país com menos normas ambientais que os desenvolvidos, a expansão de atividades voltadas à exportação levaram a uma tendência de incentivo a setores muito poluentes para atender ao mercado. Os resultados mostraram que a produção de bens de exportação são mais intensivas em emissão que demais setores da economia.

Todos os trabalhos têm em comum análises que correlacionam dados econômicos de consumo ou produção com inventários de emissões de GEE. A partir deles é possível mapear hábitos, padrões ou atividades que influenciam nos níveis de emissões, ou seja, obter materiais

ricos em informações para o direcionamento de governos nas ações mitigatórias do aquecimento global.

### 3. METODOLOGIA

Esse capítulo tem por função apresentar os caminhos metodológicos utilizados para obter os coeficientes de emissão por setor através da MIP nacional e do balanço de emissões de GEE estratificado pelo Observatório do Clima, além dos dados necessários para comparações e análises que sirvam de suporte para discussão de como consumos domésticos impactam as mudanças climáticas. Para tanto, o capítulo foi dividido em três subitens descritos a seguir: 1) Fundamentos da análise MIP e sua extensão ambiental, 2) Correlação entre os valores de emissão de GEE e a MIP para obtenção dos coeficientes de emissão por setor e 3) Limitações da análise e ajustes necessários. O primeiro subitem discorre sobre a metodologia geral da construção de análise de Insumo-Produto, a origem dos dados utilizados para tanto e como, a partir dela, torna-se possível construir estudos ambientais. O subitem seguinte delinea a análise central do trabalho ao apresentar a associação de dados que torna possível a obtenção de coeficientes de emissão que serão usados para interpretar o consumo das famílias e seus respectivos impactos ambientais. Por fim, o último subitem traduz as limitações existentes nesse tipo de análise e os ajustes que foram necessários para esse trabalho.

#### 3.1. Fundamentos da análise MIP e sua extensão ambiental

O livro de Miller e Blair (2009) costuma figurar entre as principais referências de pesquisas e aplicações da análise de Insumo-Produto de Leontief. Eles apresentam o conceito de forma ampla e suas possíveis aplicações, inclusive para diferentes tipos de análises ambientais. A metodologia foi construída aqui, portanto, a partir de Miller e Blair (2019) e Kitzes (2013), cujos trabalhos discorrem especificamente sobre análises ambientalmente estendidas.

O modelo básico de uma análise Insumo-Produto divide a economia em  $n$  setores. A produção total de um determinado produto do setor  $i$  é dada por  $x_i$  e representa as vendas interindustriais ( $z_{ij}$ ) desse setor aos demais setores  $j$ , adicionadas ao consumo da demanda final  $f_i$ . Assim, obtém-se a seguinte equação matricial:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z} + \mathbf{f} \quad (1)$$

Em que:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}; Z = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix}; f = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

A matriz  $Z$  representa as transações existentes entre os setores, ou seja,  $z_{ij}$  corresponde à quantidade do produto  $i$  que é vendida para o setor  $j$  como insumo. Para melhor entendimento, a primeira coluna da matriz  $Z$  são as compras (insumos) que o setor 1 faz dos produtos dos  $n$  outros setores produtores do país para manter sua própria produção.

Tomando como exemplo uma matriz Insumo-Produto de uma economia de dois setores, teríamos:

Tabela 2: Exemplificação de uma MIP de dois setores

		Compras		Demanda final (f)	Produção total (x)
		Setor 1	Setor 2		
Vendas	Setor 1	$z_{11}$	$z_{12}$	$f_1$	$x_1$
	Setor 2	$z_{21}$	$z_{22}$	$f_2$	$x_2$
	Valor adicionado	$v_1$	$v_2$	$v_f$	$V$
	Importações	$m_1$	$m_2$	$m_f$	$M$
	Produção Total (x)	$x_1$	$x_2$		

Fonte: Miller e Blair (2009)

Existe uma relação entre o fluxo interindustrial de  $i$  para  $j$  e a produção total do setor  $j$  dentro de um período e dessa relação obtém-se valores dos coeficientes. O exemplo utilizado por Miller e Blair (2009) para explicar essa relação é bem didático: quanto maior a produção de carros no ano, mais aço será consumido pelas indústrias automotivas nesse mesmo período. Sendo assim, a partir desse raciocínio e para calcular todos essa relação de coeficientes, constrói-se a matriz tecnológica  $A$ , na qual  $a_{ij}$  é a quantidade do produto  $i$  utilizado para produção de uma unidade de  $j$ .

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (3)$$

Essa razão denomina-se coeficiente técnico e expressa a quantidade de insumos necessárias para a produção de uma unidade da mercadoria determinada. Reescrevendo-a:

$$z_{ij} = x_j \cdot a_{ij} \quad (4)$$

Ou, em forma matricial:

$$Z = x \cdot A \quad (5)$$

Ao substituir a equação (5) em (1) tem-se:

$$x = x \cdot A + f \quad (6)$$

Organizando a equação em uma função de x:

$$x = (I - A)^{-1} \cdot f \quad (7)$$

A matriz  $(I - A)^{-1}$  é conhecida como a matriz inversa de Leontief (L) e mostra os requisitos totais, ou seja, diretos e indiretos, para a produção de  $f$ . Essa equação (7) resume o modelo Insumo-Produto ao estabelecer a relação entre a produção total de mercadorias necessária para atender a demanda final.

Em resumo, na busca por facilitar o entendimento do modelo Insumo-Produto, o livro de Miller e Blair (2009) apresenta o seguinte exemplo numérico:

Tabela 3: Matriz Insumo-Produto fictícia para análise das relações econômicas existentes entre os setores

		Compras		Demanda final (f)	Produção total (x)
		Agricultura	Prod. fabril		
Vendas	Agricultura	150	500	350	1000
	Prod. fabril	200	100	1700	2000
	Valor adicionado	650	1400	1100	3150
	Produção Total (x)	1000	2000	3150	6150

Fonte: Miller e Blair (2019)

Pela ótica das vendas, ou seja, das linhas, o setor da Agricultura vende R\$150 para o próprio setor da Agricultura e R\$500 para a Produção Fabril. Já o setor de Produção Fabril vende R\$200 para a Agricultura e R\$100 para ele mesmo. Essas são as transações intermediárias e, além delas, existem também as vendas dos setores para as famílias, governo e mercado externo, por exemplo. Essas transações juntas são resumidas na coluna da demanda final (f). Os pagamentos feitos estão sumarizados dentro do valor adicionado (pagamentos aos

fatores de produção, trabalho e importações) e podem ser observados ao se analisar os dados por colunas.

Dessas relações contábeis, obtém-se a seguinte matriz de coeficientes técnicos conforme equação (3):

$$a = \begin{bmatrix} 150/1000 & 500/2000 \\ 200/1000 & 100/2000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,15 & 0,25 \\ 0,20 & 0,05 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Para analisar as relações econômicas entre os setores e como variações na demanda final impactam o sistema como um todo, utiliza-se a equação (7). Para tanto, da matriz de coeficientes técnicos, deve-se obter a inversa de Leontief:

$$L = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 1,254 & 0,330 \\ 0,264 & 1,122 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Esses valores encontrados são essenciais para responder perguntas que buscam entender o que aconteceria com a economia caso a demanda final de determinado setor se alterasse. Miller e Blair (2019) propõe entender quanto da demanda total mudaria se a demanda final do setor da Agricultura aumentasse, por exemplo, para R\$600 e da Produção Fabril se limitasse em R\$1500. A partir dos valores obtidos acima, tem-se:

$$\Delta x = L \cdot \Delta f = \begin{bmatrix} 1,254 & 0,330 \\ 0,264 & 1,122 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 600 \\ 1500 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1247,52 \\ 1841,58 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Observa-se que, por mais que a demanda final tenha aumentado em apenas R\$50, considerando a soma dos dois setores, a demanda total subiu R\$89,10 por conta dessa relação econômica existente entre os setores.

Esse tipo de análise pode ser estendida para além de interpretações unicamente econômicas. Para este trabalho, conforme mencionado anteriormente, serão levadas em consideração modificações do modelo tradicional de Leontief que tenham como base atividades produtivas e suas respectivas taxas de geração de poluição, ou seja, interpretações ambientais da metodologia. Esse é um método robusto para avaliar como funciona tal relação entre atividades de consumo e meio ambiente (KITZES, 2013).

Diante disso, é preciso calcular os impactos ambientais resultantes da produção de cada setor econômico listado na MIP, construída a partir do balanço da economia brasileira em 2015,

últimos dados oficiais disponíveis pelo IBGE. A contabilização direta da geração de poluição é feita a partir dos coeficientes de impacto direto (D) especificados para as emissões de GEE atreladas à determinada atividade econômica/setor ( $j$ ). Assim,

$$D_j = \frac{\text{Emissões } CO_2eq \text{ do setor } j}{x_j} \quad (11)$$

Analogicamente, a matriz de coeficientes de impacto ambiental multiplicada pela inversa de Leontief expressa o valor de emissão total (direto e indireto) gerado por unidade monetária, ou seja, um indicador ambiental da quantidade de GEE gerados a partir de uma unidade monetária consumida de um determinado setor. Quando multiplicado à demanda final, expressa o nível de poluição total (Q) e estabelece a relação que direciona o trabalho:

$$Q = D \cdot L \cdot f = D \cdot (I - A)^{-1} \cdot f \quad (12)$$

Assim, com essa metodologia é possível calcular às relações de emissões intersetoriais e as intensidades de emissões por unidade monetária para entender como mudanças de comportamento econômicos (mudanças no perfil da demanda final) interferem no nível de poluição nacional. Em seu trabalho, Kitzes (2013) aprofunda o desdobramento das equações matriciais necessárias para se chegar ao vetor de intensidade de emissão, apresentado aqui de forma simplificada.

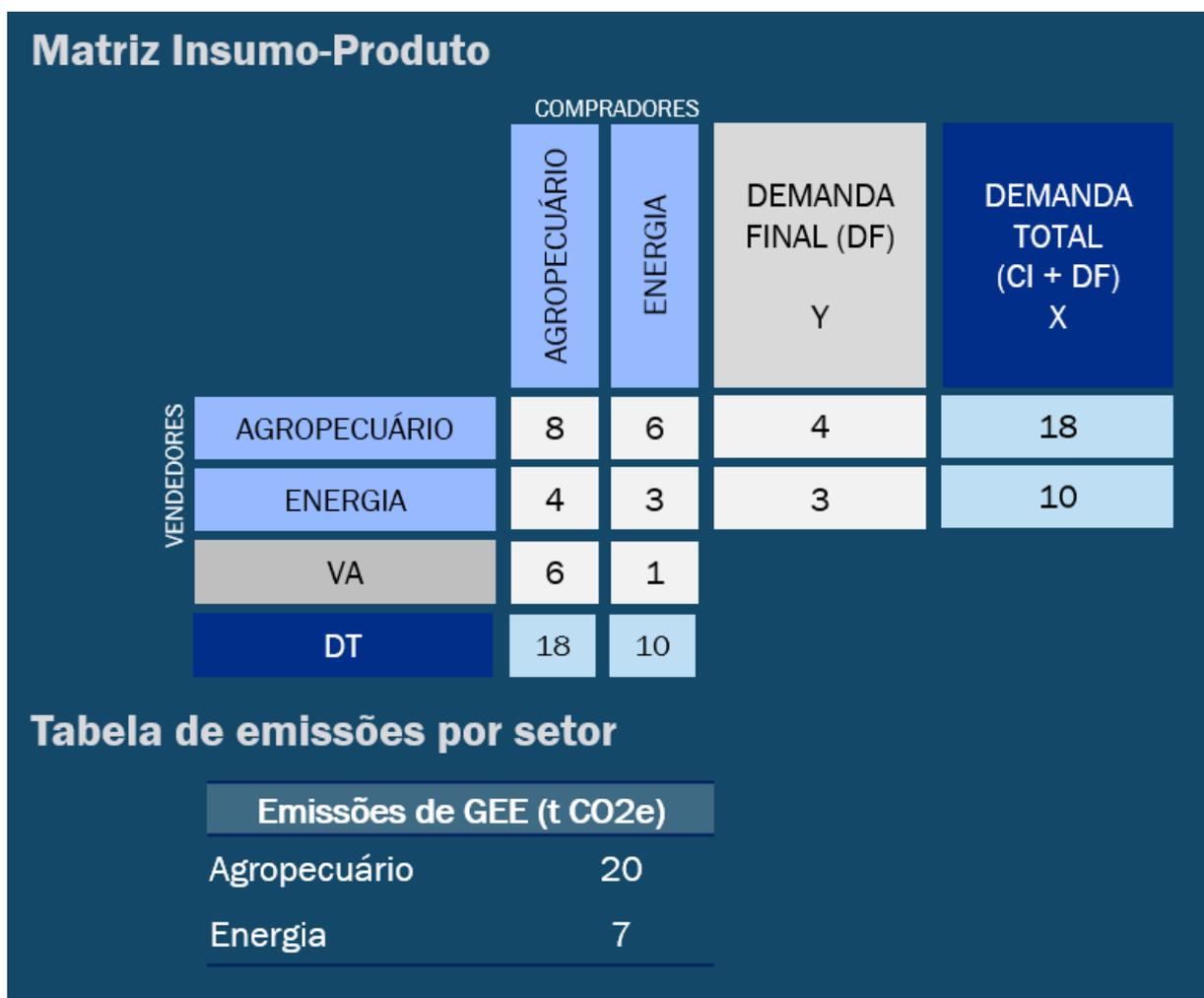
A Figura 6 traz esquematicamente um exemplo construído para apresentar a importância da análise insumo-produto ambientalmente estendida quando o objetivo é entender o impacto do consumo final nas emissões. Utilizando-se dos dados fornecidos na figura e as equações (3), (7), (9) e (12), tem-se:

$$a = \begin{bmatrix} 0,4 & 0,6 \\ 0,2 & 0,3 \end{bmatrix}; L = \begin{bmatrix} 2,7 & 2,3 \\ 0,9 & 2,2 \end{bmatrix}; D = [1,1 \quad 0,7]; Q = [3,7 \quad 4,1]$$

O vetor D é composto pelos valores de emissão direta de cada setor da MIP representada no exemplo da Figura 6, ou seja, o resultado da divisão do valor de emissão do setor “Agropecuário” pela demanda total desse setor e o valor de emissão do setor de “Energia” pela sua demanda total. Ou seja, diretamente, o setor Agropecuário e de Energia emitem 1,1 tCO<sub>2</sub>eq/R\$ e 0,7 tCO<sub>2</sub>eq/R\$ respectivamente.

No entanto, o objetivo da análise insumo-produto é justamente entender também o fluxo intermediário entre os setores, o que significa, nesse exemplo, adicionar às intensidades de emissão do setor “Agropecuário” as emissões causadas na produção de energia (pelo setor de “Energia”) para utilização do próprio setor “Agropecuário”. O vetor Q traz esses valores e mostra como as grandezas mudam quando as emissões indiretas passam a ser consideradas na equação. Logo, em emissões diretas a “Agropecuária” participa com 1,1t CO<sub>2</sub>eq/R\$, mas quando são considerados os fluxos intersetoriais, os valores aumentam em 236%, chegando a 3,7t CO<sub>2</sub>eq/R\$.

Figura 6: Exemplo esquemático de uma MIP e balanço de emissões para cálculo dos vetores de intensidade de emissão



Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar de os números serem fictícios, fica claro por meio do exemplo a importância de se considerar as transações entre os setores. Com isso, atribui-se o impacto ambiental por

unidade monetária de uma determinada produção ao produto final a que se destina, o que para esse trabalho é muito importante, pois busca-se o entendimento do impacto dos hábitos de consumo individuais nas emissões nacionais.

### 3.2. Correlação entre os valores de emissão de GEE e a MIP para obtenção dos coeficientes de emissão por setor

Para obter o vetor de emissão de GEE de cada setor por uma unidade monetária ou os coeficientes de impacto direto (D), é preciso estabelecer uma relação entre os setores listados na MIP e as categorias da tabela de emissões totais do SEEG, na qual os valores de CO<sub>2</sub>eq são atribuídos a uma determinada categoria estratificada em diferentes níveis de detalhamento. Os setores das duas bases de dados não se conversam diretamente, correlacioná-los é, portanto, uma necessidade para conseguir se estabelecer uma base comum de cálculo dos coeficientes ambientais de impacto.

O Apêndice A detalha os 67 setores da MIP de 2015 usada nesse trabalho. Na forma como o IBGE disponibiliza, a matriz é composta das 67 linhas de setores por 127 produtos mapeados da economia brasileira. Alguns ajustes através de equações matriciais que trazem informações da participação setorial na produção dos produtos nacionais são feitos para se obter uma matriz 67x67 entre os setores. Essas transformações são feitas para seguir a sequência de equações descrita no subitem anterior, calcular os coeficientes técnicos e obter a inversa de Leontief (L).

Ora, a condução da análise ambientalmente estendida depende da relação desses dados com as estimativas nacionais de emissão. Os dados compilados pelo SEEG são categorizados segundo os setores de emissão e as fontes emissoras, bem como o produto ou sistema relacionado. O Apêndice B traz o resumo desse agrupamento nos principais níveis para facilitar o entendimento, pois em seu detalhamento total, a tabela chega a ultrapassar mil linhas de organização e categorização.

De forma a balizar as duas fontes de dados e conseguir correlacionar os valores de emissões de GEE com o balanço econômico nacional, esse trabalho propõe uma nova classificação composta por 19 setores conforme disposto na Tabela 4. Tanto o balanço econômico disposto na MIP quanto os dados de emissão precisam de categorias (ou setores) comuns para que as operações matriciais possam acontecer.

Tabela 4: Nova proposta de classificação setorial para combinar os setores econômicos da MIP e os setores de emissão dos dados do SEEG.

<b>CLASSIFICAÇÃO MESTRADO</b>	
1	Agricultura
2	Outros agropecuária
3	Água, esgoto e gestão de resíduos
4	Alimentação - carne e laticínios
5	Alimentação/Bebidas
6	Atividades Extrativas
7	Comércio
8	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
9	Indústria Química
10	Indústria Têxtil
11	Metalurgia
12	Outras Indústrias
13	Papel e Celulose
14	Pecuária
15	Refinaria
16	Serviços
17	Transporte aéreo
18	Transporte aquaviário
19	Transporte terrestre

Fonte: Elaborado pela autora.

A MIP adaptada para o trabalho, portanto, passa a ser uma tabela de 19x19 setores em que os valores de consumo de cada um deles são somados. O mesmo foi feito com a base de dados do Observatório do Clima das emissões do ano de 2022 e o detalhamento de ambas as agregações realizadas encontra-se no APÊNDICE C. A partir da equação (11) obtém-se a matriz de coeficientes de impacto direto, sendo  $j$  cada um dos 19 setores citados na tabela acima. O nível de poluição total ( $Q$ ) de cada um deles é calculado da equação (12) e ambos os indicadores apresentam uma visão do quanto de  $CO_2eq$  por unidade monetária são emitidos na economia brasileira.

Nesse agrupamento em 19 setores, ainda que o Apêndice C traga mais informações, pode restar dúvidas quanto às organizações, principalmente na diferenciação entre algumas categorias mais similares como: “Alimentação – carne e laticínios”, “Agricultura”, “Outros agropecuária” e “Pecuária”. Na MIP a divisão é mais objetiva, pois já existem setores definidos com essa nomenclatura, bastou reunir como “Outros agropecuária” aquelas categorias relacionadas a atividades de agropecuárias, mas que estavam subdivididas em algumas outras atividades como, por exemplo, o setor “Produção florestal”.

No entanto, a organização dos dados do SEEG é um pouco mais complexa e deve-se tomar o cuidado de não agrupar níveis erroneamente por conta da intensidade de emissão que se agrega a cada um. A tabela de dados disponibilizada pelo SEEG contém 1332 linhas, que dividem as informações em “Setor de emissão”, “Categoria emissora”, “Sub-categoria emissora”, “Produto ou sistema”, “Detalhamento” e “Atividade geral”. Assim, a partir do detalhamento de cada linha em todas essas categorias, foi possível entender os produtos decorrentes de determinado setor emissor. Para os casos em que não ficava claro, por exemplo, se o produto da pecuária era direcionado à alimentação ou se o gado não era explicitamente nomeado como gado de corte, os dados foram classificados genericamente como “Pecuária” de forma a evitar sobrecarregar a intensidade das categorias com detalhamentos já especificados. Ou seja, nas categorias de alimentação ficaram apenas intensidades energéticas e produtos explicitamente nomeados para tal finalidade, visando evitar superestimções. Os apêndices A, B e C servem como suporte para esclarecer outras questões a respeito.

### 3.3. Limitações da análise e ajustes necessários

Serão listadas aqui algumas das limitações da análise ambiental através do modelo de Insumo-Produto. Para esse trabalho, por não ser parte do escopo um estudo econômico mais detalhado, os vetores de consumo não foram corrigidos. Isso descarta as variações de consumo existentes em decorrência das diferentes camadas de renda, bem como os efeitos induzidos nos demais setores.

A agregação de atividades emissoras de GEE e setores da MIP também apresenta deficiências. As atividades de “Agricultura”, “Outros agropecuária”, “Alimentação - carne e laticínios” e “Pecuária” se misturam em muitas das linhas da tabela do SEEG pela falta de maiores detalhamentos das divisões de emissões quanto à categoria de consumo ou produto. A intensidade de emissão total dessas categorias é muito grande e qualquer junção equivocada delas concentra altos valores de GEE por real, podendo atribuir quantidades de emissão a uma atividade bem superiores à realidade.

Outra questão que deve ser levada em conta é o ano de referência para elaboração das matrizes de Insumo-Produto. Desde 2015 as Contas Nacionais do país já tiveram alterações e possivelmente os dados não representem fielmente a economia brasileira atual. Ao comparar as tabelas do ano de 2010 com a de 2015 é possível perceber variações representativas em alguns dos coeficientes técnicos, como por exemplo, das Indústrias Extrativas. Apesar disso, a

proporcionalidade e participação da maioria deles se mantem similar, o que traz certa confiabilidade para vencer essa limitação de dados do estudo.

Talvez o ponto mais importante que a pesquisa não considerou ao buscar identificar o impacto das emissões diretas e indiretas foi a heterogeneidade das classes de consumo e toda a complexidade social por trás disso, principalmente em um país como o Brasil, onde há um grande abismo entre diferentes classes econômicas. A demanda final não foi decomposta por classe e, por isso, considerou-se um estrutura homogênea para entender genericamente como as emissões por unidade monetária se comportam. Na busca por cobrir essa importante carência do trabalho, no capítulo para discussão dos resultados foi abordado o conceito de justiça climática a fim de evitar responsabilizar o indivíduo sem poder de compra ou escolha pelos altos níveis de emissão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo foi destinado para discussão dos resultados, sendo os coeficientes de impacto direto (D) o primeiro ponto abordado a ser abordado. A partir das categorias criadas especificamente para o trabalho como resumo dos setores da MIP brasileira de 2015 e dos níveis de emissão do SEEG foi possível correlacionar as informações para obtenção dos coeficientes. Os dados refletem as emissões diretas de CO<sub>2</sub>eq por real gasto para cada uma das 19 categorias de consumo definidas.

A ideia com a análise insumo-produto, no entanto, é compreender também os impactos indiretos e correlacionar essa emissão total com a demanda final, mais especificamente no caso a ser discutido aqui, com o consumo das famílias. Sendo assim, entendido os setores mais emissores de maneira direta, será apresentado o nível de poluição total (Q), os seus significados e as estratificações e percentuais de participação do consumo das famílias em cada um desses setores. A partir daqui, é possível comparar os valores de D e Q e entender como as relações intersetoriais influenciam as taxas de emissões.

Assim, no tópico seguinte, discute-se o significado dos indicadores obtidos e os possíveis cenários de redução de consumo considerando a categoria com a maior relação de intensidade de emissão e consumo das famílias. Os resultados, portanto, serão comentados a partir dessa ótica, tendo como base a bibliografia aqui levantada e a realidade socioeconômica brasileira, abrindo o debate para o importante conceito de justiça climática.

### 4.1. Indicadores ambientais de emissão

A Tabela 5 foi elaborada a partir dos dados da 11<sup>a</sup> versão do SEEG (SEEG 11) e expressa as emissões de GEE agrupadas de acordo com as categorias estrategicamente definidas neste trabalho. Dela, tem-se que os maiores valores estão atrelados à pecuária e com a alimentação de carnes e derivados de leite. As duas primeiras categorias se distinguem no fato de a segunda especificar as emissões decorrentes da fermentação entérica, de manejo de dejetos, solos e efluentes industriais relacionados exclusivamente à produção de gado de leite, gado de corte, carne suína e carne avícola (vide APÊNDICE C). As atividades de agropecuária no geral são as de maior intensidade de emissão, seguidas pelo setor de transporte terrestre, que inclui transporte de carga e de passageiros.

Tabela 5: Emissões de gases de efeito estufa da classificação proposta no trabalho para os diferentes níveis do SEEG, 2022.

<b>Setores – Categorias criadas</b>	<b>Emissões 2022 (CO<sub>2</sub>e (t) GWP-AR6)</b>
Pecuária	919.172.213
Alimentação - carne e laticínios	454.185.133
Agricultura	337.999.363
Transporte terrestre	203.965.785
Água, esgoto e gestão de resíduos	85.069.288
Outras Indústrias	67.559.387
Metalurgia	50.068.528
Atividades Extrativas	32.659.301
Outros agropecuária	29.539.439
Refinaria	28.074.663
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	27.822.284
Serviços	24.760.270
Indústria Química	18.788.183
Transporte aéreo	9.552.676
Papel e Celulose	6.910.254
Alimentação/Bebidas	5.859.978
Transporte aquaviário	3.554.734
Comércio	2.131.228
Indústria Têxtil	496.758

Fonte: elaboração própria a partir dos dados do SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima

Da MIP de 2015, elaborada a partir das Tabelas de Recursos e Usos pelo IBGE, resume-se a Tabela 6. A MIP originalmente usada contém 67 setores por 127 produtos e precisou ser transformada em uma matriz de setores por setores (67 x 67) para depois ser sumarizada considerando as 19 categorias propostas na Tabela 4 e detalhadas no APÊNDICE C. A demanda total (x) representa o valor de produção total de um determinado setor e é composta pela demanda intermediária, ou seja, o consumo dos produtos do próprio setor e dos demais como insumos e pela demanda final (f). Os setores de “Serviços”, “Outras Indústrias” e “Comércio” são os que movimentam a economia nacional com maior peso econômico, mas não têm expressividade de emissões atreladas.

Tabela 6: Resumo da demanda final e demanda total da Matriz de Insumo-Produto do IBGE, 2015, segundo classificação elaborada para este trabalho.

<b>Setores – Categorias criadas</b>	<b>Demanda final (f – em 1.000.000 R\$)</b>	<b>Demanda total (x – em 1.000.000 R\$)</b>
Serviços	2.781.553,47	4.122.671,00
Outras Indústrias	1.010.736,10	1.379.750,00
Comércio	676.181,94	1.100.763,00
Alimentação/Bebidas	398.498,05	553.098,00
Indústria Química	150.067,30	462.476,00
Refinaria	95.508,08	373.349,00
Transporte terrestre	95.597,58	332.855,00
Agricultura	166.314,69	309.301,00
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	77.539,26	260.753,00
Atividades Extrativas	114.672,16	260.573,00
Alimentação - carne e laticínios	204.061,78	255.198,00
Metalurgia	90.204,24	250.023,00
Indústria Têxtil	102.326,89	147.964,00
Pecuária	41.574,28	137.018,00
Agropecuária	48.596,39	80.477,00
Papel e Celulose	35.707,36	80.337,00
Água, esgoto e gestão de resíduos	24.575,64	62.845,00
Transporte aéreo	13.626,54	37.338,00
Transporte aquaviário	6.995,23	20.080,00

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da MIP do IBGE.

A demanda final representa a parte exógena da demanda total, isto é, aquilo que é vendido para agentes externos dos meios produtivos e será consumido como um produto e não como insumo de alguma outra atividade econômica. Assim, o consumo das famílias, o governo e as exportações compõe esse valor.

Com os dados das Tabela 5 e Tabela 6 obtêm-se os coeficientes de emissão de impacto direto, ou seja, quanto de emissão de GEE por real cada setor emite sem levar em consideração os consumos intermediários. A Tabela 7 organiza esses resultados em ordem decrescente por setor.

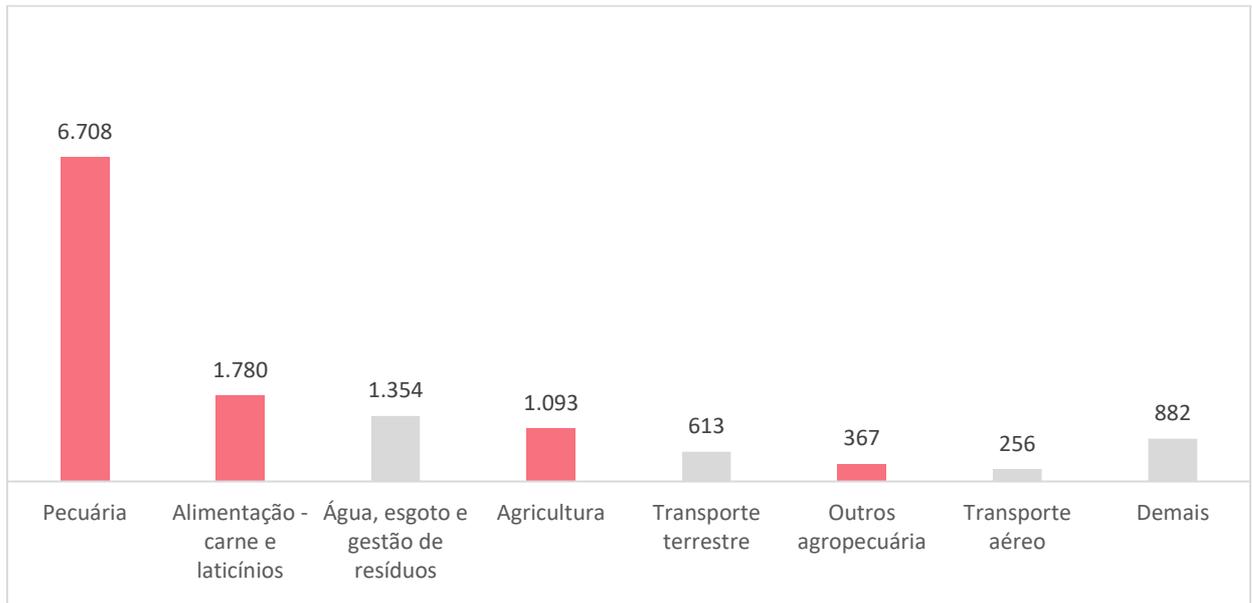
Tabela 7: Coeficientes de impacto direto em tonelada de CO<sub>2</sub>eq por 1.000.000 R\$

<b>SETORES</b>	<b>D (CO<sub>2</sub>e (t)/1.000.000R\$)</b>
Pecuária	6.708,40
Alimentação - carne e laticínios	1.779,74
Água, esgoto e gestão de resíduos	1.353,64
Agricultura	1.092,78
Transporte terrestre	612,78
Agropecuária	367,05
Transporte aéreo	255,84
Metalurgia	200,26
Transporte aquaviário	177,03
Atividades Extrativas	125,34
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	106,70
Papel e Celulose	86,02
Refinaria	75,20
Outras Indústrias	48,96
Indústria Química	40,63
Alimentação/Bebidas	10,59
Serviços	6,01
Indústria Têxtil	3,36
Comércio	1,94

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE e de emissões do SEEG, 2022.

Os resultados mostram que, por unidade monetária, os setores atrelados à agropecuária, principalmente à pecuária e ao gado de corte e leite e as demais criações destinadas à alimentação são os que mais emitem CO<sub>2</sub>eq no Brasil. A Figura 7 facilita a visualização da discrepância da intensidade de emissão desses setores em relação aos demais.

Figura 7: Coeficientes de impacto direto em CO<sub>2</sub>e (t)/1.000.000R\$

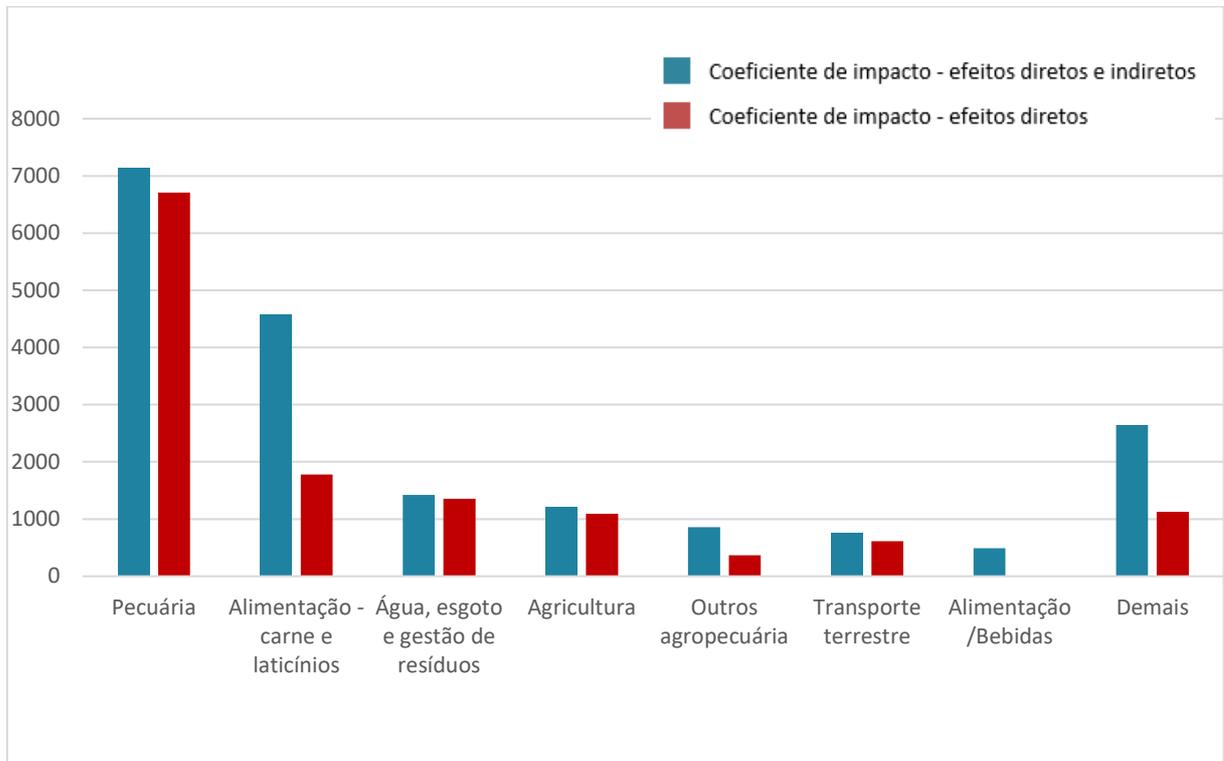


Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE e de emissões do SEEG, 2022.

A maior taxa de emissão direta está no setor da “Pecuária”, seguido pelo de “Alimentação – carne e laticínios”. O coeficiente de emissão do primeiro chega a ser 276% maior do que o segundo ocupante da lista de classificação, apesar de ambos estarem estreitamente relacionados.

A proposta de uma análise Insumo-Produto, ademais, é entender um pouco além das emissões diretas e colocar para dentro da discussão os consumos intersetoriais (emissões indiretas), bem como avaliar como choques na demanda final impactam o consumo total. Logo, da equação (12) são obtidos os resultados para entender os níveis de emissões totais (diretos e indiretos) dos setores econômicos, a partir dos quais análises sobre possíveis variações de demanda tornam-se possíveis. Multiplicando-se os coeficientes diretos pela inversa de Leontief nota-se como os valores de intensidade de emissão de GEE mudam. Como pode ser visto na Figura 8, para alguns setores essa mudança chega a ser tão significativa ao ponto do setor passar a pertencer às categorias de maior impacto, o que considerando apenas os efeitos diretos não acontecia, como é o caso do setor de “Alimentação/Bebidas”.

Figura 8: Comparação dos coeficientes de impacto que considera efeitos diretos e indiretos com aqueles de apenas efeito direto em CO<sub>2</sub>e (t)/1.000.000R\$



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE e de emissões do SEEG, 2022.

O primeiro setor em intensidade de emissão se mantém como o da “Pecuária”. No entanto, considerando as categorias mais emissoras, o setor de “Alimentação – carne e laticínio” e o setor de “Alimentação/Bebidas” foram os que apresentaram os maiores valores percentuais de aumento considerando os efeitos diretos e indiretos. O valor da categoria de “Alimentação – carne e laticínios” contou com um aumento de 157% no seu valor. Isso significa que mais de 70% da emissão total desse setor está atrelado aos efeitos indiretos do consumo e da interdependência entre os diferentes serviços. Como exemplo de uma interdependência setorial pode-se citar a alta demanda do atividade de criação de gado de corte por forragem, bem como soja e palha para alimentação dos rebanhos.

O seguinte passo de análise é entender a participação dos hábitos de consumo nessa intensidade de emissão. Para tanto, é preciso analisar os resultados apresentados na Tabela 8, na qual são apresentados a participação dos gastos das famílias em percentual do total da movimentação financeira de cada um dos 19 setores. Os setores de “Alimentação/Bebidas” e “Indústria Têxtil”, apesar de serem os que percentualmente mais movimentam os consumos das pessoas, apresentam baixos indicadores de emissões.

Tabela 8: Análise do percentual de participação do consumo das famílias na demanda total e o respectivo coeficiente de emissão direta e indireta

<b>Categoria</b>	<b>Demanda total (x)</b>	<b>Consumo das famílias</b>	<b>% de x correspondente ao consumo das famílias</b>	<b>Q (CO<sub>2</sub>e (t)/1.000.000 R\$)</b>
Alimentação/Bebidas	553.098,00	352.645,71	64%	492,60
Indústria Têxtil	147.964,00	89.800,05	61%	241,67
Alimentação - carne e laticínios	255.198,00	151.077,59	59%	4.572,35
Comércio	1.100.763,00	588.542,30	53%	77,11
Água, esgoto e gestão de resíduos	62.845,00	24.119,33	38%	1.424,59
Outros agropecuária	80.477,00	27.608,58	34%	860,85
Serviços	4.122.671,00	1.317.361,04	32%	52,49
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	260.753,00	77.190,41	30%	220,98
Transporte terrestre	332.855,00	88.629,47	27%	755,28
Refinaria	373.349,00	83.049,26	22%	253,32
Transporte aéreo	37.338,00	7.622,24	20%	329,70
Indústria Química	462.476,00	93.772,06	20%	234,29
Agricultura	309.301,00	59.418,93	19%	1.218,62
Pecuária	137.018,00	21.227,52	15%	7.131,99
Papel e Celulose	80.337,00	10.644,12	13%	258,88
Outras Indústrias	1.379.750,00	178.336,19	13%	155,78
Transporte aquaviário	20.080,00	1.366,93	7%	232,57
Metalurgia	250.023,00	12.862,83	5%	377,10
Atividades Extrativas	260.573,00	458,42	0%	212,84

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE e de emissões do SEEG, 2022.

Ora, “Alimentação – carne e laticínios” é um conjunto de atividades econômicas também com grande participação do consumo das famílias quando comparado à sua demanda total, mas ao contrário dos outros dois, seus valores de nível de poluição são os mais altos. Disso, conclui-se que modificações em hábitos alimentares podem expressar os melhores resultados em redução de emissões de GEE.

Vale lembrar que a classificação “Pecuária” diz respeito a todas atividades que não têm como produto final o gado de corte ou leite, ou que não tem a sua especificação direcionada para alguma atividade alimentar e, portanto, foi classificada a parte. Com isso, evita-se de carregar em intensidade de emissão erroneamente os produtos para alimentação, de forma a não mascarar os resultados do trabalho.

#### 4.2. Setores mais emissores de GEE e potenciais de redução atrelados ao consumo doméstico: uma discussão sobre nossa alimentação

Após a discussão dos dados obtidos, fica claro a representatividade dominante do setor de alimentação de carnes e laticínios na relação de intensidade de emissão nacional e consumo das famílias e, portanto, essa categoria passa a ser o ponto central da discussão do trabalho. O objetivo era justamente identificar os principais hábitos de consumo responsáveis pelas emissões de GEE e os desafios por trás de qualquer direcionamento de política pública para manutenção do aumento da temperatura média global abaixo de 2 °C. Dito isso, a discussão dessa seção se encarregará de avaliar potenciais ganhos de se trabalhar com mudanças de hábitos de consumo alimentar. Nesse primeiro momento a abordagem será predominantemente técnica, sem colocar nas balanças fatores sociais e econômicos do país. Devido à complexidade deste debate, o subitem seguinte será destinado especificamente para tanto.

O setor pecuário desponta como um dos principais contribuintes dos maiores problemas climáticos mundiais, mesmo não sendo economicamente o maior dos pilares (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006). Ao observarmos os dados da Tabela 6 para “Alimentação – carne e laticínios” conseguimos chegar a essa mesma constatação, pois a categoria não respondeu nem ao menos por 3% da demanda total. Sua maior importância está, portanto, nas esferas política e social em decorrência da quantidade de pessoas envolvidas nessas atividades e por suprir ao menos um terço do consumo de proteína da humanidade (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006).

O relatório sobre pecuária da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) de 2006 já apresentava números alarmantes de contribuição climáticas negativas desse setor:

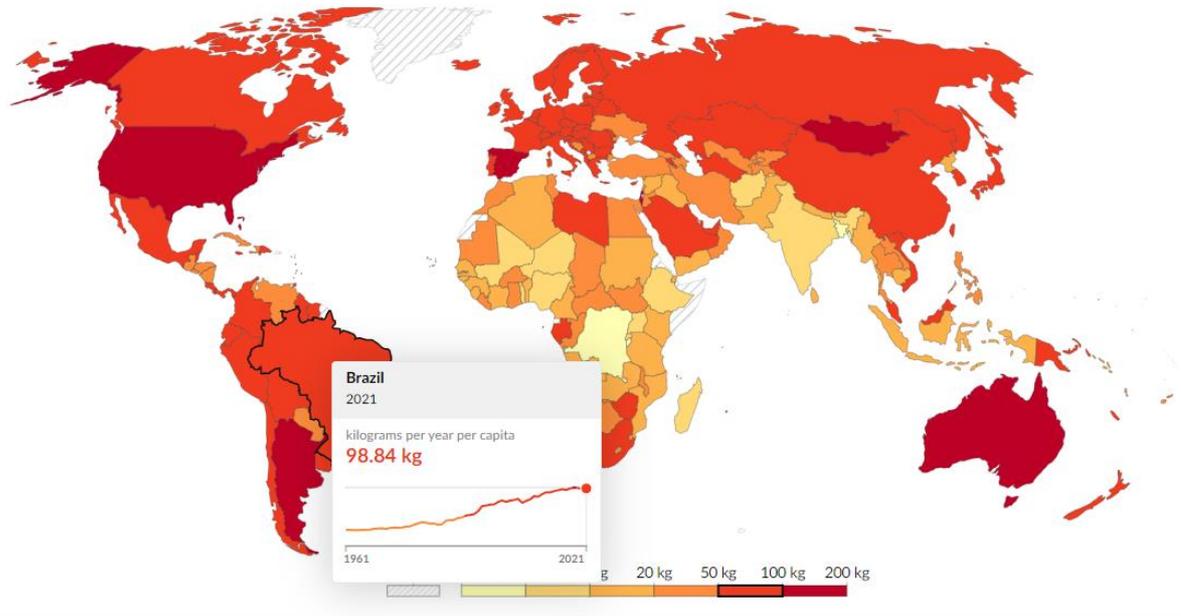
O setor pecuário é o principal envolvido, responsável por 18% das emissões de GEE medidas em CO<sub>2</sub>eq. Essa parcela é maior que a do setor de transporte.

O setor pecuário é responsável por 9% das emissões antrópicas de CO<sub>2</sub>. O maior parte desse valor vem da mudança do uso de terra – especialmente do desmatamento – causado pela expansão de pastagens e terras aráveis para plantação de ração. O gado é responsável por parcelas muito maiores de alguns gases com maior poder de aquecimento da atmosfera. O setor emite 37% do metano antropogênico (com 23 vezes o potencial de aquecimento (GWP) do CO<sub>2</sub>), a maior parte resultante da fermentação entérica por ruminantes. Além disso, emite 65% do óxido nitroso (com 296 vezes o GWP do CO<sub>2</sub>), a maioria do esterco. O gado também é responsável por quase dois terços (64%) do emissão antrópica de amônia, que contribui significativamente para a chuva ácida e acidificação dos ecossistemas. (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006, tradução própria)

Essa realidade conversa com os resultados de intensidade de emissão de GEE apresentados. A preocupação reside no fato, logo, do Brasil ter o segundo maior rebanho do mundo com 232 milhões de cabeças de gado, atrás apenas da Índia segundo os dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) de 2018. Apesar de não figurar na primeira posição em tamanho de rebanho, o Brasil é quem mais exporta carne (ZIA et al., 2019). Alcançar esse lugar de destaque é decorrência de uma série de incentivos, investimentos e subsídios ao setor conforme destacado no início do trabalho, associados à permissão de expansão de pastagem na região Centro-Oeste (ANACLETO; MIZIARA, 2006). Com isso, a taxa de crescimento de 1990 a 2018 chegou a alcançar o valor de 56% (ZIA et al., 2019).

Não só como exportador de carne vermelha que o país se destaca. Quando o assunto é consumo de carnes, o Brasil, ainda que dentro de um contexto socioeconômico instável e com muitas pessoas em situação de insegurança alimentar, ocupa historicamente as primeiras posições no ranking, sendo que em 2018 estava na sexta colocação com um consumo per capita de 78,6 kg/ano. A Figura 9 abaixo traz uma ilustração do comportamento do mundo em 2021 no consumo per capita de carne, com destaque para o dado brasileiro, sendo o valor já 26% maior que o de 2018.

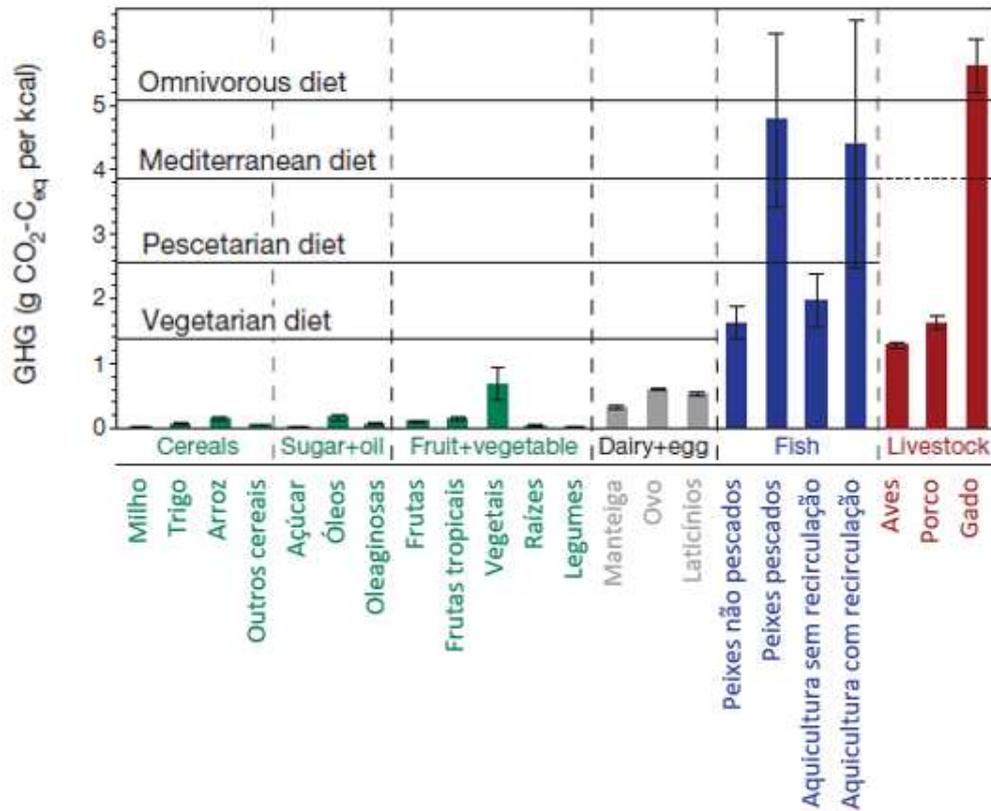
Figura 9: Consumo médio total de carne em kg por ano, em destaque consumo do Brasil 2021



Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023) – com processamento principal de dados de (JONES ET AL., 2023)

De Souza (2019) enumera em sua tese de dissertação os motivos pelos quais cada vez mais pessoas vêm se tornando adeptas do vegetarianismo e explica um pouco mais sobre o sistema de produção de carne e suas emissões. O principal objetivo de seu trabalho é justamente entender o vegetarianismo ambiental e a relação com a mitigação de GEE. Ao longo do texto, o autor apresenta diferentes literaturas que abordam como a mudança de consumo tem resultados diretos na redução das emissões de GEE. Um dos estudos citados em seu trabalho e que corrobora para a proposta dessa seção é o de Tilman e Clark (2014). Com base em 120 publicações de ACV sobre 82 tipos de cultivo para produção de produtos de origem animal, conseguiu-se estimar as emissões contidas em diferentes dietas. A Figura 10 mostra uma parte dos resultados obtidos e na qual é possível observar a diferença de emissões de gases de uma dieta a base de plantas para as dietas a base de carnes. As dietas mais emissoras são aquelas com alimentos de seres ruminantes. Tilman e Clark (2014) estudaram a relação existente entre dietas, saúde e meio ambiente e entende-se, a partir das conclusões, que existe um grande potencial de se conciliar a melhoria da alimentação com diminuição de impactos ambientais.

Figura 10: Emissão de GEE do ciclo de vida de 22 alimentos e dietas distintas por kcal



Fonte: Tilman e Clark, 2014 (tradução própria)

Logo, tendo em vista a relação dessas informações com o valor de intensidade de emissão encontrado no capítulo anterior para a categoria de “Alimentação – carne e laticínios” (4.572,35 CO<sub>2</sub>e (t)/1.000.000R\$), fica evidente o potencial existente nas mudanças de consumo alimentar como ferramenta de diminuição das emissões de gases de efeito estufa, principalmente no Brasil. Ainda desconsiderando a realidade socioeconômica do país, das ações individuais que demandam menores investimentos, talvez essa seja a de maior facilidade para implementação.

A Tabela 9 apresenta um resumo da Tabela 8 destacando-se exclusivamente as categorias que podem estar associadas de alguma forma (em algum percentual), ou em algum momento do ciclo de produção, atrelados à produção de carnes e laticínios do país. A ideia é reforçar como esses setores têm um peso considerável nas taxas nacionais de emissão de GEE. Como abordado na seção sobre as limitações do trabalho, essa participação não pode ser estimada com facilidade e de forma direta. No entanto, o objetivo é justamente apontar como a agropecuária extensiva na forma como vem sendo praticada no Brasil, contribui para o agravamento das emissões nacionais. Será considerado aqui, para efeitos do estudo, que

qualquer interdependência entre os setores já foi considerada na metodologia de análise das matrizes de Insumo-Produto e que, portanto, nenhum outro ajuste será necessário. Com isso, apenas os valores de demanda das famílias da categoria destacada na Tabela 9 será avaliada a partir da equação (12), ou seja, será calculado um determinado choque no consumo das famílias especificamente no que diz respeito à categoria alimentação para entender o impacto total de uma possível redução do consumo individual de carnes e laticínios.

Tabela 9: Participação do consumo das famílias na demanda total de algumas categorias atreladas ao setores agropecuários no Brasil

<b>Categoria</b>	<b>Nível de poluição total (Q) - CO<sub>2</sub>e (t)/1.000.000R\$</b>	<b>Demanda total (x)</b>	<b>Consumo das famílias</b>	<b>% da demanda total</b>
Pecuária	7.131,99	137.018,00	21.227,52	15%
<i>Alimentação - carne e laticínios</i>	<i>4.572,35</i>	<i>255.198,00</i>	<i>151.077,59</i>	<i>59%</i>
Agricultura	1.218,62	309.301,00	59.418,93	19%
Outros agropecuária	860,85	80.477,00	27.608,58	34%

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE e de emissões do SEEG, 2022.

Foram avaliados dois cenários para entender o impacto de possíveis mudanças de hábitos alimentares. No primeiro, avaliou-se a adesão ao programa Segunda Sem Carne. A campanha Segunda Sem Carne existe em mais de 40 países ao redor do mundo e é apoiada por diversos líderes internacionais, incentivando pessoas a não comer carne às segundas-feiras. Ela foi lançada em 2009 por Paul, Mary e Stella McCartney e busca aumentar a conscientização sobre os impactos ambientais decorrentes do cultivo animal e a indústria de pesca. É uma forma de encorajar os humanos a frear as mudanças climáticas e conservar os recursos naturais do planeta, além de aumentar o consumo de alimentos saudáveis a base de plantas por ao menos um dia na semana. No Brasil, a campanha foi lançada em outubro de 2009 e já é considerada a maior do mundo, apoiada por diversas personalidades, empresas e governos (SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA, 2018).

No segundo cenário, buscou-se entender as consequências de reduzir pela metade o consumo de carne bovina, sem modificar a ingestão dos demais alimentos, tendo visto que essa criação é a de maior taxa emissora.

O cenário 1 avaliou, portanto, a adoção do programa Segunda Sem Carne por todos os consumidores brasileiros, desconsiderando completamente o contexto de que muitas pessoas no país comem o que conseguem e não o que gostariam. Isso representa uma redução do gasto

das famílias com “Alimentação – carne e laticínios” de 14,3%. Nesse caso, considerando os impactos diretos e indiretos dessa redução em toda a economia, a partir da equação (7) calcula-se a variação na demanda total. Quando multiplicada pelos coeficientes de impacto direto de cada categoria, obtém-se as respectivas reduções de emissões conforme Tabela 10.

Tabela 10: Simulação do cenário 1 em que o consumo de carnes e laticínios reduziria em 14,3% (um dia na semana).

Apêndice C	Condição inicial		Cenário de 14,3% de redução do consumo de carnes e laticínios	
	X - Demanda Total	Emissões SEEG 2021	X' - Nova demanda total	Emissões simuladas
S1	309.301,00	337.999.362,78	307.875,32	336.441.397,97
S2	80.477,00	29.539.439,01	80.126,88	29.410.926,67
S3	62.845,00	85.069.288,44	62.761,71	84.956.540,67
<b>S4</b>	<b>255.198,00</b>	<b>454.185.132,94</b>	<b>231.474,79</b>	<b>411.964.068,05</b>
S5	553.098,00	5.859.978,28	550.083,50	5.828.040,19
S6	260.573,00	32.659.301,10	260.049,83	32.593.728,49
S7	1.100.763,00	2.131.227,68	1.097.120,84	2.124.175,97
S8	260.753,00	27.822.284,20	259.847,19	27.725.634,18
S9	462.476,00	18.788.182,79	460.605,30	18.712.185,31
S10	147.964,00	496.758,24	147.920,86	496.613,43
S11	250.023,00	50.068.527,88	249.513,26	49.966.448,61
S12	1.379.750,00	67.559.386,88	1.379.169,38	67.530.957,06
S13	80.337,00	6.910.254,03	79.936,45	6.875.800,67
S14	137.018,00	919.172.213,32	129.133,15	866.277.422,73
S15	373.349,00	28.074.663,41	371.777,84	27.956.516,84
S16	4.122.671,00	24.760.269,83	4.118.151,15	24.733.124,12
S17	37.338,00	9.552.675,91	37.280,12	9.537.868,64
S18	20.080,00	3.554.733,84	19.941,89	3.530.283,74
S19	332.855,00	203.965.784,95	330.832,02	202.726.148,77
<b>TOTAL</b>	<b>10.226.869,00</b>	<b>2.308.169.465,52</b>	<b>10.173.601,47</b>	<b>2.209.387.882,09</b>

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE, 2018 e de emissões do SEEG, 2022.

Essa alteração do consumo das famílias de um dia na semana, representa apenas 0,52% de redução na demanda total do Brasil e significa uma redução de mais de 4,28% em emissões de CO<sub>2</sub>eq anuais. Ou seja, financeiramente o impacto é pequeno, mas ambientalmente os resultados são significativos.

No cenário 2, as famílias reduziriam o consumo apenas da carne vermelha em 50%. Para estratificar o consumo por tipo de carne, é preciso analisar a tabela MIP mais abrangente que detalha todos os 127 produtos. A partir dela, seleciona-se os produtos de carne e leite de forma a entender a quantia que as famílias gastam com cada um deles e, assim, conhecer a distribuição percentual do total por tipo de produto. A Tabela 11 traz essa divisão da participação dos

diferentes produtos (carne, leite e derivados) no consumo das famílias dentro da categoria “Alimentação – carne e laticínios”.

Tabela 11: Produtos atrelados ao setor de "Alimentação - carne e laticínios" e seu respectivo percentual na participação do consumo das famílias

<b>Produto</b>	<b>Percentual representativo do consumo das famílias</b>
Carne de bovinos e outros produtos de carne	48%
Outros produtos do laticínio	24%
Carne de aves	14%
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	7%
Carne de suíno	4%
Pescado industrializado	2%

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da MIP do IBGE.

Ao reduzir 50% do gasto com “Carne bovina e outros produtos de carne”, reduz-se 24% do total de reais gastos pelas famílias com esse setor de alimentação. Esse percentual já representa mais do que deixar de comer carne, leite e derivados durante um dia na semana. Assim, deixando de gastar 50% com carne vermelha, o que poderíamos relacionar a reduzir 50% do consumo desse tipo de carne, a diminuição em emissões chega a atingir 7,2%. Economicamente, o valor representa apenas 0,88% da demanda total do país.

Contudo, calcular uma redução de níveis ambientais com base em uma mudança de hábito de consumo alimentar em um país como o Brasil em que as pessoas comem o que conseguem e não o que querem carece de uma discussão social. A mensagem direciona-se àqueles que mudanças de hábitos de consumo gerais cabem dentro do orçamento, cujo o poder de compra permite uma escolha mais minuciosa dos produtos ingeridos.

Outro ponto, é de que os cálculos feitos no trabalho e os cenários avaliados consideraram os níveis de intensidade de emissão atuais para produção dos alimentos, sem alteração de aumento de eficiência e sustentabilidade produtiva. Isso significa que as reduções restritivas do consumo de carne analisadas nos dois cenários poderiam ser substituídas pelo consumo de itens com produções neutras de carbono para que fosse possível o atingimento de resultados similares de diminuição de emissões de GEE. Há um grande potencial ambiental nas pastagens tropicais bem manejadas, pois no país a produção ainda conta, em sua maior parte, com sistemas extensivos de baixa produtividade e pastagens degradadas (DE ALMEIDA et al., 2020).

Desse forma, programas de rotulagem surgem como oportunidade de política pública para agregar valor percebido pelo cliente e direcionar melhor o consumo. O maior ganho de mudança de hábito de consumo está nas mãos daqueles com poder de compra, que poderão

optar por produtos de maior valor, como os ditos “orgânicos” ou “verdes”, segundo suas preocupações com saúde, sustentabilidade e/ou bem estar animal. Rótulos climáticos e rótulos de carbono podem ser estratégicos na busca por uma cadeia de consumo com menor impacto ambiental.

Magalhães de Moura (2013) define a rotulagem ambiental do ponto de vista social e econômico como auxílio no entendimento da sua importância:

A rotulagem ambiental é, ao mesmo tempo, um instrumento econômico e de comunicação, visto que busca difundir informações que alterem positivamente padrões de produção e consumo, aumentando a consciência dos consumidores e produtores para a necessidade de usar os recursos naturais de forma mais responsável. Do ponto de vista econômico, é um instrumento orientado pela demanda que apela à responsabilidade ambiental dos consumidores em suas escolhas e buscar criar um nicho de mercado para produtos funcionalmente idênticos aos *tradicionais*, mas que possuem um atributo adicional, requerido por um segmento particular do mercado – serem *verdes* ou *ambientalmente amigáveis*. (MAGALHÃES DE MOURA, 2013)

Tendo em vista os resultados do trabalho que mostraram os altos níveis de intensidade de emissão atrelados à dietas onívoras, uma alternativa seria o incentivo à desenvolvimentos como a marca-conceito Carne Baixo Carbono (CBC) elaborada pela Embrapa em 2018. O objetivo da marca foi valorizar sistemas de produção pecuários de baixo carbono a partir de estratégias de mitigação do metano emitido pelo rebanho, como o bom manejo da pastagem, a rotação de lavouras e o aumento do estoque de carbono no solo.

Não são muitas as alternativas brasileiras para selos ambientais, o que faz com que muitas empresas busquem opções internacionais ou certificadoras independentes. Além disso, as regulações ainda estão dispersas e falta um monitoramento organizado e padronizado por parte do governo para direcionar de acordo com as metas traçadas. Assim como o selo do Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica (Procel) e a etiqueta de classificação de energia do produto já são hoje aplicados em larga escala nos eletrodomésticos, seria muito importante evoluir com estudos em etiquetagem para produtos com baixo carbono no seu ciclo de vida. Assim, o consumo daqueles com poder de compra poderia ser melhor direcionado e os empresários poderiam movimentar seus negócios mais fortemente em busca de meios produtivos mais ecológicos.

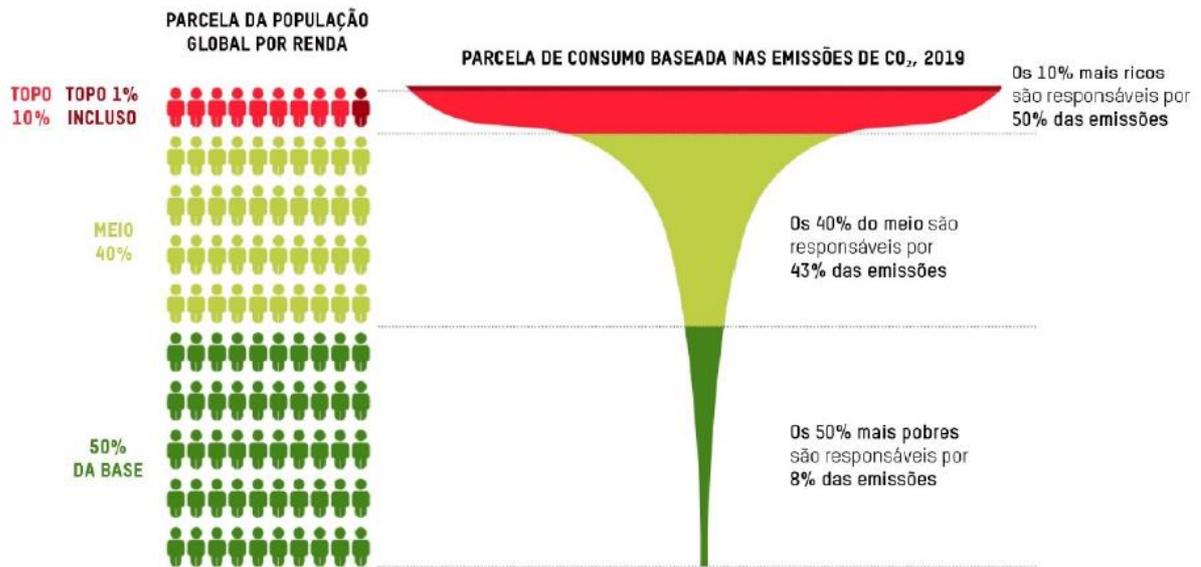
#### 4.3. Análise socioeconômica dos resultados

Essa seção visa cobrir uma carência grande do trabalho que é a estratificação do consumo por camada social. Tornar-se vegetariano ou reduzir a ingestão de carne não é uma questão de opção para muitas pessoas em decorrência da realidade socioeconômica do país. No ano de 2022, 33,1 milhões de pessoas enfrentavam insegurança alimentar grave no Brasil, o que representa uma parcela de quase 16% da população brasileira (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO E ASSISTÊNCIA SOCIAL, 2024). Esses valores passam a ser bem maiores quando se considera também graus mais moderados de insegurança, chegando o número de pessoas a atingir 70 milhões no mesmo ano.

Segundo a FAO, insegurança alimentar representa as situações em que os cidadãos não têm acesso regular ou permanente a uma quantidade e qualidade de alimentos dignos para sua sobrevivência. Logo, nesse contexto, sugerir um cenário em que as famílias autonomamente optam por uma alimentação mais diversificada, de qualidade e sem ingestão de proteínas de origem animal, parece irreal.

Além disso, essas pessoas em insegurança alimentar correspondem a uma parcela da população que muito pouco contribui para as alterações do clima. Apesar de consumirem alimentos com alta intensidade de emissões por falta de uma política alimentar descente, suas pegadas de carbono são ínfimas quando comparadas àquelas da parcela mais rica da população. A Figura 11 apresenta de forma gráfica a contribuição de diferentes grupos de renda nas emissões de carbono por ano. Analisando os extremos do gráfico, 50% da população mais pobre contribui com apenas 8% das emissões globais, enquanto os 10% mais ricos contribuem com 50% das emissões (KHALFAN et al., 2023). O relatório “Igualdade Climática: um Planeta para os 99%” detalha porque a população mais rica que deve ser responsabilizada pelo colapso climático, afinal, “em 2019, o 1% mais rico foi responsável pela mesma emissão de carbono que os 66% mais pobres no mundo, ou seja, que 5 bilhões de pessoas” (KHALFAN et al., 2023).

Figura 11: Emissões da população dividido por grupos de renda



Fonte: KHALFAN et al., 2023.

Falar sobre justiça climática, portanto, é falar sobre essa desigualdade existente entre os grupos mais emissores e a forma desproporcional que as consequências dessa destruição do equilíbrio climático impactam os grupos sociais da população.

Para que os governos consigam direcionar melhor as ações no sentido de reverter o cenário de alta intensidade de emissões atrelada aos hábitos alimentares, é preciso pensar num caminho em que os mais ricos sejam mais responsabilizados pela alimentação que escolhem, por exemplo, através de maiores taxas de impostos por produtos de alta intensidade de emissão. Por outro, deve-se ofertar aos mais pobres uma maior diversidade alimentar com produtos de baixo valor de emissão atrelado à sua cadeia produtiva.

## 5. CONCLUSÃO

As mudanças climáticas e o aquecimento global impulsionados pela ação humana têm nos encaminhado para um cenário de emergência climática. Fenômenos climáticos extremos se mostram cada vez mais frequentes e extremos, causando danos irreversíveis aos ecossistemas. Se nada for mudado, as consequências podem ser ainda mais graves e alarmantes, podendo levar a extinção de diversas espécies e a perda de vidas humanas, principalmente dos grupos em situações de maior vulnerabilidade. Dessa forma, transformações rápidas e inteligentes são necessárias em todos as linhas de estudo e trabalho para que a meta de 1,5 °C ainda seja atingível. Mudanças comportamentais têm um papel fundamental na mitigação e apresentam maior força quanto mais respaldados por medidas governamentais.

O presente trabalho buscou investigar a relação entre os hábitos de consumo das famílias brasileiras e os níveis de emissão de GEEs através de uma análise de Insumo-Produto ambientalmente estendida, focada em identificar os maiores potenciais de ganho e elucidar possíveis políticas públicas ambientais que contribuam para frear o aumento da temperatura média global. A análise permitiu reconhecer os setores com os maiores valores de intensidade de emissão, determinar aqueles com ações comportamentais mais simples e factíveis e fomentar a discussão da necessidade de uma agropecuária mais limpa e menos extensiva no Brasil.

Os resultados mostraram que a intensidade de emissão do setor de “Alimentação – carnes e laticínios”, quando consideramos os efeitos diretos e indiretos de sua produção, cresce 157% (4.572,35 tCO<sub>2</sub>eq/MR\$), atingindo valores quase tão altos quanto os da “Pecuária” por si só. Além disso, “Alimentação – carnes e laticínios” é a categoria que apresenta a relação mais significativa entre emissões e consumo das famílias, o que significa maior potencial de ação individual para mitigação dos níveis de emissão nacionais. Em um cenário no qual todas as famílias deixassem de se alimentar de carne e derivados por um dia, ou seja, diversificassem mais a alimentação, a redução de emissões anual atingiria a taxa de 4,3%. O segundo cenário analisou a redução pela metade dos gastos das famílias apenas com carne vermelha e, nessa situação, os valores de emissão chegaram a cair mais de 7%.

Os números podem ser de fácil compreensão, mas quando aplicados à realidade socioeconômica brasileira, tornam-se irrealistas. O país tem um pouco menos de um quinto de sua população em condição de insegurança alimentar, logo, não está nas mãos de todos a possibilidade de diversificar seus alimentos, pois comem o que podem e não o que gostariam. Ora, para aquele consumidor com poder de compra, ou seja, capaz de redirecionar sua demanda

de acordo com o valor subjetivo do produto, é importante que entenda como a pegada de carbono está atrelada à alimentação e a importância de se fazer escolhas sábias. Nessa linha, a rotulagem de produtos apresenta-se como um caminho interessante para atrelar valor “ecológico” ou “ambiental” aos produtos e suportar nesse redirecionamento de demanda.

Além de se preocupar em classificar os alimentos segundo sua pegada climática, é essencial que o governo volte sua atenção também a outros dois pontos: à maneira como o setor agropecuário avança pelo país e às políticas alimentares nacionais. Iniciativas como a da Embrapa de se produzir carnes com baixo carbono agregado devem ser fomentadas e incentivadas, de modo que os meios produtivos do agronegócio se tornem mais tecnológicos e menos degradantes ou poluidores.

Existe uma gama de possíveis estratégias para minimizar os impactos ambientais atrelados à alimentação: mudança nos hábitos alimentares baseados em dietas onívoras e com bastante carne, incentivo à diversificação alimentar, rotulagem e classificação dos alimentos segundo sua pegada de carbono para direcionamento do consumo daqueles com poder de compra, inovação e evolução dos processos produtivos, taxaço de empresas responsáveis pelo desmatamento e maior regulamentação ambiental do mercado, além do fomento à agropecuária familiar e ao bom manejo das pastagens. Análises multidisciplinares que abordem sob diferentes óticas a crise climática que vivemos têm um papel fundamental para mitigação das mudanças climáticas.

Assim, como recomendação para possíveis estudos futuros, considerando que a partir da avaliação feita diversas perspectivas de pesquisa se abrem, uma análise do ciclo de vida da produção de carne vermelha por grandes empresas nacionais ajudaria a entender e classificar as marcas com maior intensidade energética. Além disso, outro trabalho importante seria o de avaliar a variação de consumo e o impacto climático a partir da introdução de programas governamentais certificados de rotulagem alimentar. Outra linha de estudo consiste em conduzir uma avaliação do potencial de redução de emissões de GEE a partir do incentivo de manejos de solo mais sustentáveis e da agropecuária familiar. Como última sugestão, um estudo a partir da decomposição estrutural da análise de Insumo-Produto por renda ajudaria no entendimento do comportamento da intensidade de emissão por classe social, o que auxilia a endereçar corretamente políticas públicas ambientais de acordo com o público alvo.

## REFERÊNCIAS

ADAS OLACYR, B.; SPINELI DE PAIVA, G. Efeitos da geopolítica neoliberal: análise da situação da Amazônia em meio à pandemia da COVID-19. **Serviço Social & Realidade**, v. 29, 2020.

ANACLETO, T. S.; MIZIARA, F. Expansão de fronteiras e impactos sócioambientais no Cerrado matogrossense. v. 31, n. 3, p. 527–538, 2006.

BROUNEN, D.; KOK, N.; QUIGLEY, J. M. Energy literacy, awareness, and conservation behavior of residential households. **Energy Economics**, v. 38, p. 42–50, jul. 2013.

CACHOLA, C. DA S. **A Pegada de Carbono das famílias brasileiras por meio da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF)**. 2022

DE ALMEIDA, R. G. et al. **Diretrizes técnicas para produção de carne com baixa emissão de carbono certificada em pastagens tropicais: Carne Baixo Carbono (CBC)**. 2020. Disponível em: <[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)>.

DE SOUZA, R. O. C. **Vegetarianismo ambiental: estudo das controvérsias na relação entre vegetarianismo e emissões de gases de efeito estufa**. 2019.

DUARTE, R.; MAINAR, A.; SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. Social groups and CO<sub>2</sub> emissions in Spanish households. **Energy Policy**, v. 44, p. 441–450, maio 2012.

FILHO, O. C. et al. **A Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para formulações de políticas públicas no Brasil**. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Livestock's long shadow - Environmental issues and options**. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS WITH MAJOR PROCESSING BY OUR WORLD IN DATA. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/meat-production>>. Acesso em: 14 jul. 2024.

FRANÇA, C. I. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e consumo energético setorial do estado de São Paulo por meio da Matriz Insumo-Produto**. 2013.

HUBACEK, K. et al. Global carbon inequality. **Energy, Ecology and Environment**, v. 2, n. 6, p. 361–369, 1 dez. 2017.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Matriz de insumo-produto: Brasil 2015**. , 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 9 ago. 2022

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE; WORKING GROUP I. **Global warming of 1.5°C**. 2019. Disponível em: <[www.environmentalgraphiti.org](http://www.environmentalgraphiti.org)>.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE; WORKING GROUP I. **AR6 Climate Change 2021 - The Physical Science Basis**. 2021.

JONES ET AL. **OUR WORLD IN DATA**. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

KHALFAN, A. et al. Igualdade Climática: um Planeta para os 99%. **Oxfam International**, 2023.

KITZES, J. **An introduction to environmentally-extended input-output analysis**. ResourcesMDPI AG, , 1 dez. 2013.

LAMB, W. F. et al. **A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018**. **Environmental Research Letters**IOP Publishing Ltd, , 1 jul. 2021.

LI, J.; ZHANG, D.; SU, B. The Impact of Social Awareness and Lifestyles on Household Carbon Emissions in China. **Ecological Economics**, v. 160, p. 145–155, 1 jun. 2019.

LONG, Y. et al. City-level household carbon footprint from purchaser point of view by a modified input-output model. **Applied Energy**, v. 236, p. 379–387, 15 fev. 2019.

MAGALHÃES DE MOURA, A. M. **O mecanismo de rotulagem ambiental: perspectivas de aplicação no Brasil**. 2013.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis Foundations and Extensions Second Edition**. 2009.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO E ASSISTÊNCIA SOCIAL, F. E C. À F. **24,4 milhões de pessoas saem da situação de fome no Brasil em 2023**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mds/pt-br/noticias-e-conteudos/desenvolvimento-social/noticias-desenvolvimento-social/24-4-milhoes-de-pessoas-saem-da-situacao-de-fome-no-brasil-em-2023>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Disponível em: <[seeg.eco.br](http://seeg.eco.br)>. Acesso em: 3 jun. 2024

**Seca ameaça sequestro de carbono na Amazônia**. Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/seca-ameaca-sequestro-de-carbono-na-amazonia/10183#:~:text=O%20estudo%20revelou%20que%2C%20durante,pela%20queima%20de%20combust%C3%ADveis%20f%C3%B3sseis.>>. Acesso em: 17 mar. 2024.

SHUKLA, P. R. et al. **Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change**. [s.l.] IPCC, 2022.

SILVA, C. et al. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil**. 2023.

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA. **Segunda Sem Carne**. Disponível em: <<https://www.svb.org.br/pages/segundasemcarne/>>. Acesso em: 28 nov. 2020.

SOUZA, A. V. R. et al. Proteção ao meio ambiente: um estudo do avanço do desmatamento no Brasil como consequência da ostensiva neoliberal. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 9, p. e10506, 13 set. 2024.

STEEN-OLSEN, K.; WOOD, R.; HERTWICH, E. G. The Carbon Footprint of Norwegian Household Consumption 1999–2012. **Journal of Industrial Ecology**, v. 20, n. 3, p. 582–592, 1 jun. 2016.

**Structure of the IPCC**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/about/structure/>>. Acesso em: 24 set. 2024.

TILMAN, D.; CLARK, M. Global diets link environmental sustainability and human health. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 518–522, 27 nov. 2014.

TSAI, D. et al. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil**. 2023.

TUDESCHINI, L. G. **Income inequality and its impacts on the Brazilian household carbon footprint**. 2018.

UNEP - UN ENVIRONMENT PROGRAMME. **Você sabe como os gases do efeito estufa aquecem o planeta?** Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/voce-sabe-como-os-gases-de-efeito-estufa-aquecem-o-planeta>>. Acesso em: 8 abr. 2024.

UNFCCC. **Acordo de Paris**. Paris: 2015.

UNITED NATIONS - FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Acordo de Paris sobre o clima**. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

WELLS, V. K.; PONTING, C. A.; PEATTIE, K. Behaviour and climate change: Consumer perceptions of responsibility. **Journal of Marketing Management**, v. 27, n. 7–8, p. 808–833, jul. 2011.

WMO WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **World Climate Conference: A Conference of Experts on Climate and Mankind - Declaration and Supporting Documents**. 1979.

YOUNG, C. E. F.; BARBOSA FILHO, F. D. H. **Comércio internacional, política econômica e poluição no Brasil**. 1998

ZIA, M. et al. **Brazil Once Again Becomes the World's Largest Beef Exporter**. 2019.

ZILLMAN, J. W. **A History of Climate Activities**. Disponível em: <[https://public.wmo.int/en/bulletin/history-climate-activities#:~:text=The%201979%20World%20Climate%20Conference%2C%20now%20usually%20referred%20to%20as,February%201979%20\(Figure%202\).](https://public.wmo.int/en/bulletin/history-climate-activities#:~:text=The%201979%20World%20Climate%20Conference%2C%20now%20usually%20referred%20to%20as,February%201979%20(Figure%202).>)>. Acesso em: 11 jul. 2023.

**APÊNDICE A – Setores da matriz de insumo produto brasileira de 2015 (nível 67)**

<b>Setores</b>
1 Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
2 Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
3 Produção florestal; pesca e aquicultura
4 Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos
5 Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
6 Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
7 Extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos
8 Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
9 Fabricação e refino de açúcar
10 Outros produtos alimentares
11 Fabricação de bebidas
12 Fabricação de produtos do fumo
13 Fabricação de produtos têxteis
14 Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
15 Fabricação de calçados e de artefatos de couro
16 Fabricação de produtos da madeira
17 Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18 Impressão e reprodução de gravações
19 Refino de petróleo e coqueiras
20 Fabricação de biocombustíveis
21 Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
22 Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
23 Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
24 Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
25 Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
26 Fabricação de produtos de minerais não metálicos
27 Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
28 Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais
29 Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
30 Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
31 Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
32 Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
33 Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
34 Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
35 Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
36 Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
37 Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
38 Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
39 Água, esgoto e gestão de resíduos
40 Construção

41	Comércio por atacado e varejo
42	Transporte terrestre
43	Transporte aquaviário
44	Transporte aéreo
45	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
46	Alojamento
47	Alimentação
48	Edição e edição integrada à impressão
49	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
50	Telecomunicações
51	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
52	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
53	Atividades imobiliárias
54	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
55	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
56	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
57	Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
58	Outras atividades administrativas e serviços complementares
59	Atividades de vigilância, segurança e investigação
60	Administração pública, defesa e seguridade social
61	Educação pública
62	Educação privada
63	Saúde pública
64	Saúde privada
65	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
66	Organizações associativas e outros serviços pessoais
67	Serviços domésticos

Fonte: Elaboração própria a partir das informações do IBGE, 2015.

**APÊNDICE B – Resumo dos níveis de agrupamento definidos pelo SEEG para a  
estimativa de emissão de GEE**

---

**Níveis de agregação**

---

**1. Processos Industriais**

---

- 1.1. Indústria química
- 1.2. Produção de metais
- 1.3. Produção e uso de CFs
- 1.4. Produção e uso de HFCs
- 1.5. Produtos minerais
- 1.6. Uso de SF6 em equipamentos elétricos
- 1.7. Uso não-energético de combustíveis e solventes em outros setores

**2. Agropecuária**

---

- 2.1. Cultivo de arroz
- 2.2. Fermentação entérica
- 2.3. Manejo de dejetos animais
- 2.4. Queima de resíduos agrícolas
- 2.5. Solos manejados

**3. Energia**

---

- 3.1. Agropecuária
- 3.2. Comercial
- 3.3. Geração de eletricidade (serviço público)
- 3.4. Industrial
- 3.5. Produção de combustíveis
- 3.6. Público
- 3.7. Residencial
- 3.8. Transportes

**4. Resíduos**

---

- 4.1. Disposição Final de Resíduos Sólidos
- 4.2. Efluentes líquidos industriais
- 4.3. Incineração ou queima a céu aberto
- 4.4. Tratamento biológico de resíduos sólidos
- 4.5. Tratamento de efluentes domésticos

**5. Mudança de Uso da Terra e Floresta**

---

- 5.1. Alterações de Uso da Terra
- 5.2. Carbono orgânico no solo
- 5.3. Resíduos florestais

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SEEG11, Observatório do clima, 2022.

**APÊNDICE C – Detalhamento da compatibilização dos dados do SEEG e da MIP nacional**

<b>MIP</b>	<b>SEEG</b>
<b>1. Agricultura</b>	
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Atividades dentro de agropecuária e mudança de uso de terra e floresta para atividade de agricultura
<b>2. Outros agropecuária</b>	
Produção florestal; pesca e aquicultura; Fabricação e refino de açúcar	Energia e mudança do uso de terra destinados à essa atividade
<b>3. Água, esgoto e gestão de resíduos</b>	
Água, esgoto e gestão de resíduos	Disposição final de resíduos, incineração e tratamento de efluentes
<b>4. Alimentação - carne e laticínios</b>	
Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	Fermentação entérica, manejo de dejetos, solos e efluentes industriais relacionados à produção de gado de leite e corte, leite e carne em gerais.
<b>5. Alimentação/Bebidas</b>	
Outros produtos alimentares; Fabricação de bebidas; Alimentação	Energia industrial e resíduos destinados à produção de alimentos e bebidas
<b>6. Atividades Extrativas</b>	
Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos; Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio; Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração; Extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos	Exploração de petróleo, produção de carvão e alteração de terra na extração de minerais
<b>7. Comércio</b>	
Comércio por atacado e varejo	Energia comercial
<b>8. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades</b>	
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	Energia pública e residencial
<b>9. Indústria Química</b>	
Fabricação de biocombustíveis; Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros; Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos; Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal; Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos; Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	Energia da indústria química e processos industriais

---

### 10. Indústria Têxtil

---

Fabricação de produtos têxteis; Confecção de artefatos do vestuário e acessórios; Fabricação de calçados e de artefatos de couro	Energia para indústria têxtil
---	-------------------------------

---

### 11. Metalurgia

---

Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura; Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais; Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	Energia e processos industriais relacionados à metalurgia
---	---

---

### 12. Outras Indústrias

---

Fabricação de produtos do fumo; Fabricação de produtos da madeira; Fabricação de produtos de minerais não metálicos; Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos; Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos; Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças; Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores; Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores; Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas; Construção	Cerâmica, cimento, setor eletrônico e outras indústrias
---	---

---

### 13. Papel e Celulose

---

Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Energia e resíduos da indústria de papel e celulose
---	---

---

### 14. Pecuária

---

Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	Atividades dentro de agropecuária e mudança de uso de terra e floresta para atividade de pecuária
--	---

---

### 15. Refinaria

---

Refino de petróleo e coquerias	Energia para refino e transporte de petróleo e gás natural
--------------------------------	--

---

### 16. Serviços

---

Impressão e reprodução de gravações; Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos; Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio; Alojamento; Edição e edição integrada à impressão; Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem; Telecomunicações; Desenvolvimento de sistemas e outros	Geração de energia para serviço público e desmatamento para urbanização
---	---

---

serviços de informação; Intermediação financeira, seguros e previdência complementar; Atividades imobiliárias; Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas; Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas; Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual; Outras atividades administrativas e serviços complementares; Atividades de vigilância, segurança e investigação; Administração pública, defesa e seguridade social; Educação pública; Educação privada; Saúde pública; Saúde privada; Atividades artísticas, criativas e de espetáculos; Organizações associativas e outros serviços pessoais; Serviços domésticos

---

#### **17. Transporte aéreo**

---

Transporte aéreo	Energia para o transporte aéreo
------------------	---------------------------------

---

#### **18. Transporte aquaviário**

---

Transporte aquaviário	Energia para o transporte hidroviário
-----------------------	---------------------------------------

---

#### **19. Transporte terrestre**

---

Transporte terrestre	Energia para o transporte ferroviário e rodoviário
----------------------	--

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos cálculos com os dados da MIP do IBGE, 2018 e de emissões do SEEG, 2022.